



CURRÍCULO

**CURSO DE APERFEIÇOAMENTO
AVANÇADO EM TECNOLOGIA NUCLEAR**

(C-ApA-TN)

MARINHA DO BRASIL

DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

2019

CURSO DE APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM TECNOLOGIA NUCLEAR

C-ApA-TN

ÍNDICE

	Páginas
SINOPSE GERAL DO CURSO.....	3 a 6
SUMÁRIO DA DISCIPLINA I	
HISTÓRICO E CONCEITOS FUNDAMENTAIS EM ENGENHARIA NUCLEAR.....	7 e 8
SUMÁRIO DA DISCIPLINA II	
FÍSICA APLICADA A ENGENHARIA NUCLEAR.....	9 e 10
SUMÁRIO DA DISCIPLINA III	
MATEMÁTICA APLICADA A ENGENHARIA NUCLEAR.....	11 e 12
SUMÁRIO DA DISCIPLINA IV	
ENGENHARIA DE REATORES.....	13 e 14
SUMÁRIO DA DISCIPLINA V	
OPERAÇÃO DE REATORES PWR.....	15 e 16
SUMÁRIO DA DISCIPLINA VI	
PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E DETETORES.....	17 a 19
SUMÁRIO DA DISCIPLINA VII	
SEGURANÇA NUCLEAR.....	20 e 21
SUMÁRIO DA DISCIPLINA VIII	
CICLO DO COMBUSTÍVEL E REJEITOS RADIOATIVOS.....	22 a 24
SUMÁRIO DA DISCIPLINA IX	
PROCESSO DE LICENCIAMENTO NUCLEAR.....	25 e 26
SUMÁRIO DA DISCIPLINA X	
OPERAÇÃO DO SUBMARINO NUCLEAR.....	27 e 28
SUMÁRIO DA DISCIPLINA XI	
GERENCIAMENTO DE PROJETOS.....	29 e 30
SUMÁRIO DA DISCIPLINA XII	
LICITAÇÕES, PROCESSO DE COMPRAS GOVERNAMENTAIS E QUALIDADE NUCLEAR.....	31 e 32
SUMÁRIO DA DISCIPLINA XIII	
FATORES HUMANOS APLICADOS A ENGENHARIA NUCLEAR.....	33 a 35
SUMÁRIO DA DISCIPLINA XIV	
INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE NUCLEAR.....	36 e 37
SUMÁRIO DA DISCIPLINA XV	
INTRODUÇÃO À ENGENHARIA DE SISTEMAS COMPLEXOS	38 e 39
SUMÁRIO DA DISCIPLINA XVI	
METODOLOGIA DE ENSINO E PESQUISA.....	40 a 42
SUMÁRIO DA DISCIPLINA XVII	
ESTÁGIO SUPERVISIONADO.....	43 a 46
SUMÁRIO DA DISCIPLINA XVIII	
TREINAMENTO FÍSICO MILITAR.....	47 a 52

Continuação do anexo E, do Of nº 10-97/2019, da DEnsM.
MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

OM: CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK
CURSO: CURSO DE APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM TECNOLOGIA NUCLEAR
SIGLA: C-ApA-TN

SINOPSE GERAL DO CURSO

DURAÇÃO: 36 SEMANAS

CARGA HORÁRIA TOTAL: 1.260 HORAS

1) PROPÓSITO DO CURSO

Aprimorar os conhecimentos acadêmicos visando o emprego, projetos, testes, aquisições, manutenção e desenvolvimento de sistemas e instalações nucleares de interesse da Marinha do Brasil (MB), ampliando o conhecimento tecnológico dos Oficiais-alunos.

2) DIRETRIZES GERAIS DO CURSO

A) QUANTO À ESTRUTURAÇÃO DO CURSO

- a) O curso será conduzido no Centro de Instrução Almirante Wandenkolk (CIAW), com possibilidade de participação de Instituição de Ensino Superior (IES) conveniada;
- b) O número de tempos-aula (TA) diários deverá ser 7 (sete), com 50 (cinquenta) minutos cada;
- c) As disciplinas serão conduzidas sequencialmente, uma após o término da outra, podendo haver até seis (6) disciplinas ministradas concomitantemente;
- d) Sempre que possível, as disciplinas deverão desenvolver atividades práticas, visando complementar o conhecimento teórico ministrado;
- e) No início do curso, será apresentada aos Oficiais-alunos (AO) a lista de temas de interesse da MB para desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC);
- f) Os OA deverão propor à coordenação do curso três temas de seu interesse, dentro da lista de temas apresentados, em ordem de prioridade. A coordenação do curso decidirá o tema de cada OA, utilizando o critério de antiguidade;
- g) Serão designados dois orientadores para cada OA: um orientador técnico-acadêmico e um orientador técnico, servidor civil ou militar da MB, indicado pela Organização Militar Orientadora Técnica (OMOT);
- h) O TCC deverá ser desenvolvido ao longo do curso, mantendo contato regular com seu orientador;
- i) Após a aprovação da minuta do TCC pelo orientador técnico, o OA deverá encaminhar o trabalho para os membros da banca com antecedência mínima de 30 (trinta) dias da data da defesa;
- j) As defesas dos TCC deverão ocorrer, preferencialmente, no penúltimo mês do curso;
- k) As bancas examinadoras deverão ser designadas pelo CIAW, com 50 (cinquenta) dias de antecedência para a data da defesa;
- l) A banca examinadora deverá ser composta, no mínimo, pelos seguintes membros: os dois orientadores designados e um docente da linha de pesquisa relativa ao tema;
- m) O OA aprovado no TCC terá um prazo de até trinta dias, contados da data da defesa, para entregar à coordenação do curso, a(s) cópia(s), tantas quanto forem solicitadas, em formato definitivo e com as correções recomendadas pela banca;
- n) Caberá à coordenação do curso agendar local, data e hora para todas as defesas dos TCC, assim como dar ciência aos interessados, com, no mínimo, 10 (dez) dias de antecedência,

Continuação do anexo E, do Of nº 10-97/2019, da DEnsM.
para a data da defesa. A qualificação e pertinência de audiência, assim como o acesso ao recinto das defesas serão de decisão do CIAW;

- o) A entrega da versão final do TCC, aprovada pelo CIAW, será requisito para a conclusão do C-ApA; e
- p) Caso haja necessidade de substituição de orientador designado, a mesma deverá ser solicitada, por requerimento do OA, à coordenação do curso.

B) QUANTO ÀS TÉCNICAS DE ENSINO

O ensino deverá ser desenvolvido por meio das técnicas de ensino abaixo relacionadas:

- a) Aula Expositiva;
- b) Aula Prática;
- c) Trabalho individual;
- d) Estudo de Caso;
- e) Estudo Dirigido; e
- f) Demonstração Prática.

C) QUANTO À FREQUÊNCIA ÀS AULAS

- a) É obrigatória a frequência às aulas e às demais atividades programadas;
- b) Terá a matrícula cancelada o OA que faltar, sem justificativa, a mais de 10% do número total de aulas previstas no currículo (considerando-se a carga horária real) ou mais de 25% das aulas de uma disciplina;
- c) Terá a matrícula trancada o OA que atingir 25% de faltas justificadas do total de aulas do curso (considerando-se a carga horária real);
- d) Para fim das alíneas acima, será considerada falta o atraso de mais de 10 (dez) minutos em relação ao início programado de uma atividade, ou a saída não autorizada durante o seu desenvolvimento; e
- e) Os demais casos de trancamento e cancelamento de matrícula deverão seguir o preconizado na DGPM-101 - Normas para o Sistema de Ensino Naval (SEN) e nas Normas para os Cursos de Aperfeiçoamento Avançado, aprovadas pela DEnsM.

D) QUANTO À AFERIÇÃO DO APROVEITAMENTO E À HABILITAÇÃO DO ALUNO

- a) A avaliação de aprendizagem será expressa por meio da nota das avaliações realizadas, utilizando-se uma escala numérica de 0 (zero) a 10 (dez), com aproximação a décimos ou emissão de conceito SATISFATÓRIO/INSATISFATÓRIO, quando aplicável;
- b) A aprendizagem dos OA será aferida por provas e/ou trabalhos, conforme estabelecido no sumário de cada disciplina e por Observação de Desempenho, no caso do Estágio Supervisionado;
- c) A nota final (NF) em cada disciplina será a nota obtida no instrumento de avaliação realizada ou por meio da média aritmética quando for mais de uma avaliação, conforme previsto no sumário de cada disciplina;
- d) Para o cálculo da NF em cada disciplina e da média final (MF) do curso, a aproximação será até centésimos, adotando o seguinte critério de aproximação:
 - 1) o centésimo (algarismo da segunda casa decimal) deverá ser acrescido de uma unidade, se o algarismo da terceira casa decimal for igual ou superior a 5 (cinco); e
 - 2) o centésimo deverá ser conservado, desprezando as demais casas decimais, se a terceira casa decimal for menor que 5 (cinco).
- e) Terão direito à avaliação de recuperação os OA que, embora não tenham obtido a NF mínima estabelecida, tenham alcançado, na disciplina, NF igual ou superior a 3,0 (três) e inferior a 6,0 (seis);

- f) O OA terá direito, no máximo, a três (3) avaliações de recuperação, em três diferentes disciplinas, sendo uma avaliação em cada disciplina;
- g) A(s) avaliação(ões) de recuperação deverá(ão) ser realizadas, no máximo, em até 10 (dez) dias após a divulgação do resultado da disciplina, versando sobre toda a matéria lecionada;
- h) A nota obtida em avaliação de recuperação não será computada para efeito de cálculo da MF. Para esse fim, deverá ser considerada apenas a NF anteriormente obtida pelo OA;
- i) Será considerado aprovado o OA que, em função da modalidade de avaliação estabelecida para a disciplina, obtiver:
 - 1) NF igual ou superior a 6,0 (seis) em cada disciplina;
 - 2) o somatório da média da disciplina com a nota obtida na prova de recuperação, igual ou superior a 10 (dez) pontos, caso tenha sido realizada prova de recuperação;
 - 3) conceito SATISFATÓRIO nas disciplinas avaliadas por este critério; e
 - 4) frequência mínima exigida, conforme estabelecido no item C.
- j) A avaliação do TCC será a média aritmética entre as avaliações dos Membros da Banca Examinadora (Examinadores). A avaliação de cada Examinador sobre o desempenho do discente no TCC deverá ser baseada no texto escrito e defesa oral (apresentação e sabatina), de acordo com o roteiro constante do sumário da disciplina Metodologia de Ensino e Pesquisa;
- k) A nota do TCC, com peso 4, comporá com a nota da prova da disciplina MEP, com peso 1, para NF desta disciplina. Caso o TCC seja considerado insatisfatório (reprovação na disciplina MEP), o OA deverá reapresentar o TCC em prazos e procedimentos definidos nas Normas do Curso, para aprovação final;
- l) A MF será calculada com base na média aritmética das NF obtidas nas disciplinas e da avaliação do TCC;
- m) Uma vez que os currículos das disciplinas das Áreas de Concentração poderão apresentar níveis de dificuldade distintos, a MF será calculada com base na média aritmética das NF obtidas nas disciplinas considerando um fator de correção “k”, conforme previsto nas Normas do Curso;
- n) A classificação final dos oficiais observará a MF obtida pelos aprovados, em ordem decrescente;
- o) A classificação de OA com MF iguais considerará os critérios de desempate discriminados a seguir, que deverão ser aplicados sucessivamente:
 - 1) a maior MF sem a aproximação definida no item D, alínea d;
 - 2) a maior antiguidade; e
 - 3) a maior idade.
- p) O OA reprovado por falta de aproveitamento terá sua matrícula cancelada;
- q) O OA poderá recorrer em relação ao resultado de provas escritas, conforme previsto em Ordem Interna do CIAW;
- r) Por se tratar de avaliação colegiada (Banca Examinadora), não caberá recurso quanto ao resultado da avaliação do TCC; e
- s) Sempre que ocorrer algum problema de ordem disciplinar ou pedagógica em relação à prova, esta poderá ser anulada por proposta do Encarregado do Curso, via Conselho de Ensino, ratificada por ato do Comandante da OM do CIAW.

E) QUANTO ÀS ATIVIDADES EXTRACLASSE

Serão consideradas atividades extraclasse as seguintes atividades, obrigatoriamente programadas no decorrer do curso:

- a) Visita Técnica - são visitas de curta duração (um dia) ou de média duração (mais de um dia) em instalações de órgãos militares que desenvolvam atividades de interesse do curso;
- b) Palestras sobre Temas relevantes para a Marinha do Brasil; e
- c) Visitas às instituições civis que concorram para maior ilustração profissional dos OA.

3) DISCIPLINA(S) E CARGA(S) HORÁRIA(S)

CÓDIGO	DISCIPLINA	CARGA HORÁRIA
CEN	HISTÓRICO E CONCEITOS FUNDAMENTAIS EM ENGENHARIA NUCLEAR.....	35 HORAS
FAE	FÍSICA APLICADA À ENGENHARIA NUCLEAR.....	35 HORAS
MAE	MATEMÁTICA APLICADA À ENGENHARIA NUCLEAR.....	35 HORAS
ENR	ENGENHARIA DE REATORES.....	35 HORAS
OPR	OPERAÇÃO DE REATORES PWR.....	35 HORAS
PRD	PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E DETETORES.....	35 HORAS
SNU	SEGURANÇA NUCLEAR.....	35 HORAS
CCR	CICLO DO COMBUSTÍVEL E REJEITOS RADIOATIVOS.....	35 HORAS
LNU	PROCESSO DE LICENCIAMENTO NUCLEAR.....	35 HORAS
OSN	OPERAÇÃO DE SUBMARINO NUCLEAR.....	35 HORAS
GPR	GERENCIAMENTO DE PROJETOS.....	35 HORAS
CQN	LICITAÇÕES, COMPRAS GOVERNAMENTAIS E QUALIDADE NUCLEAR.....	35 HORAS
FTH	FATORES HUMANOS APLICADOS À ENGENHARIA NUCLEAR.....	35 HORAS
ICN	INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE NUCLEAR.....	35 HORAS
ESC	INTRODUÇÃO À ENGENHARIA DE SISTEMAS COMPLEXOS	20 HORAS
MEP	METODOLOGIA DE ENSINO E PESQUISA.....	150 HORAS
ETS	ESTÁGIO SUPERVISIONADO.....	160 HORAS
TFM	TREINAMENTO FÍSICO MILITAR.....	70 HORAS

4) APROVAÇÃO DO CURSO

<p style="text-align: center;">APROVO, o Currículo do C-ApA-TN.</p> <p style="text-align: center;">Em 29 de julho de 2019.</p> <hr/> <p style="text-align: center;">HENRIQUE RENATO BAPTISTA DE SOUZA Contra-Almirante Diretor ADILENE CUNEGUNDES DA SILVA Capitão-Tenente (T) Assistente</p> <p style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 2px;">AUTENTICADO DIGITALMENTE</p>	CARGA HORÁRIA REAL.....890 HORAS
	ATIVIDADE EXTRACLASSE.....190 HORAS
	TEMPO RESERVA.....180 HORAS
	CARGA HORÁRIA TOTAL.....1.260 HORAS

Continuação do anexo E, do Of nº 10-97/2019, da DEnsM.
MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

OM: CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK	
CURSO: APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM TECNOLOGIA NUCLEAR	
CÓDIGO: CEN	CARGA HORÁRIA: 35 HORAS
DISCIPLINA: HISTÓRICO E CONCEITOS FUNDAMENTAIS EM ENGENHARIA NUCLEAR	
ATUALIZADO EM 2019	
SUMÁRIO	

1) OBJETIVO DA DISCIPLINA

Analisar o histórico e conceitos fundamentais dos programas nucleares bem como dos produtos realizados por estes.

2) LISTA DE UNIDADES DE ENSINO

1 - HISTÓRIA DA FÍSICA NUCLEAR.....05 HORAS

- 1.1 - Descoberta do átomo;
- 1.2 - Modelos Físicos do Átomo no início do Século XX;
- 1.3 - Principais protagonistas da Física Nuclear;
- 1.4 - Experiências Pré WWII; e
- 1.5 - Carta de Einstein-Szilard.

2 - PROJETO MANHATTAN.....05 HORAS

- 2.1 - Descobrimiento da fissão;
- 2.2 - Estabelecimento de Los Alamos;
- 2.3 - Desenvolvimento da bomba atômica;
- 2.4 - Detonação da Trinity;
- 2.5 - Ataques a Hiroshima e Nagasaki; e
- 2.6 - Impacto do mundo com bombas nucleares.

3 - REATORES NUCLEARES NAVAIS.....05 HORAS

- 3.1 - Efeito Rickover;
- 3.2 - USS Nautilus;
- 3.3 - Histórico dos Programas Nucleares Navais Militares; e
- 3.4 - Descrição dos atuais navios militares no mundo.

4 - REATORES NUCLEARES CIVIS (PESQUISA E ENERGIA).....05 HORAS

- 4.1 - Primeiros reatores;
- 4.2 - Shipping port;
- 4.3 - Principais projetos sendo construídos no mundo; e
- 4.4 - Futuro dos reatores nucleares.

5 - PROGRAMA NUCLEAR BRASILEIRO.....05 HORAS

- 5.1 - Histórico;
- 5.2 - Estágio atual de desenvolvimento;
- 5.3 - Perspectivas e desafios futuros; e
- 5.4 - Programa Nuclear da Marinha.

6 - NÃO PROLIFERAÇÃO DE ARMAS NUCLEARES.....05 HORAS

- 6.1 - Principais tratados e controle;
- 6.2 - Programa Nuclear Iraniano;

- 6.3 - Programa Nuclear Norte Coreano;
- 6.4 - Fukushima; e
- 6.5 - Desarmamento e não proliferação.

7 - SEMINÁRIO.....05 HORAS

3) DIRETRIZES ESPECÍFICAS

- a) Será utilizada técnica de Aula Expositiva; e
- b) A disciplina introduz a discussão de conceitos fundamentais, apresentando como se desenvolveu a engenharia nuclear no mundo e como foi utilizado seus principais produtos na sociedade.

4) AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Média aritmética entre duas avaliações, assim distribuídas:

- a) será realizada por meio de um Seminário (50% da nota) e Trabalho Escrito com tema definido pelo Instrutor abordando assunto relevante das UE; e
- b) deverão ser destinados 3 TA da UE 6, sendo 2 TA para a realização do trabalho e seminário em sala de aula e 1 TA para comentários.

5) RECURSOS INSTRUCIONAIS

- a) Quadro branco; e
- b) Microcomputador com projetor multimídia.

6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Indispensável:

RHODES, Richard. **The Making of the Atomic Bomb**. 25 ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

Complementares:

- a) LAMARSH, John R. BARATTA, Anthony J. **Introduction to Nuclear Engineering**. 3ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2001.
- b) MAHAFFEY, James. **Atomic Accidents: A History of Nuclear Meltdowns and Disasters: From the Ozark Mountains to Fukushima**. USA: Pegasus Books, 2001.
- c) ROCKWELL, Theodore. **The Rickover Effect: How One Man Made a Difference**. 6ª ed. US Naval Institute Press, 1992.

Continuação do anexo E, do Of nº 10-97/2019, da DEnsM.
MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

OM: CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK	
CURSO: APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM TECNOLOGIA NUCLEAR	
CÓDIGO: FAE	CARGA HORÁRIA: 35 HORAS
DISCIPLINA: FÍSICA APLICADA A ENGENHARIA NUCLEAR	
ATUALIZADO EM 2019	
SUMÁRIO	

1) OBJETIVO DA DISCIPLINA

Descrever conceitos fundamentais sobre a física de reatores, estabelecendo os princípios da difusão de nêutrons.

2) LISTA DE UNIDADES DE ENSINO

1 - VISÃO GERAL DA FÍSICA DE REATORES.....05 HORAS

- 1.1 - Conceitos básicos da física de reatores;
- 1.2 - Decaimento radioativo;
- 1.3 - Estabilidade nuclear;
- 1.4 - Energia de ligação; e
- 1.5 - Reações nucleares.

2 - A FÍSICA DOS NÊUTRONS.....08 HORAS

- 2.1 - Interação nêutron-núcleo: Espectro $1/E$, seções de choque e ressonâncias;
- 2.2 - Moderação de nêutrons;
- 2.3 - Cinemática do espalhamento elástico, letargia e número médio de colisões;
- 2.4 - Poder de moderação e razão de moderação;
- 2.5 - Fissão nuclear induzida por nêutrons;
- 2.6 - Energia liberada por fissão e nêutrons emitidos por fissão;
- 2.7 - Produtos de fissão; e
- 2.8 - Nêutrons prontos e nêutrons atrasados.

3 - INTRODUÇÃO À CRITICALIDADE DE REATORES NUCLEARES.....09 HORAS

- 3.1 - Reações por fissões em cadeia;
- 3.2 - Razão captura/fissão;
- 3.3 - Número de nêutrons de fissão por nêutrons absorvidos no combustível;
- 3.4 - Fuga de nêutrons;
- 3.5 - Probabilidade de escape às ressonâncias;
- 3.6 - Criticalidade nuclear:
 - 3.6.1 - Fator de multiplicação;
 - 3.6.2 - Fórmulas de fatores;
 - 3.6.3 - Redução de fuga de nêutrons;
 - 3.6.4 - Buckling geométrico e material; e
 - 3.6.5 - Conceito de reatividade.
- 3.7 - Dependência no tempo da reação em cadeia;
- 3.8 - Dependência no tempo dos nêutrons prontos de fissão:
 - 3.8.1 - Fonte de multiplicação; e
 - 3.8.2 - Efeitos dos nêutrons retardados.

4 - DIFUSÃO DE NÊUTRONS.....13 HORAS

- 4.1 - Fluxo de nêutrons;
- 4.2 - Lei de fick;

4.3 - Equação de continuidade; e

4.4 - Equação de difusão.

3) DIRETRIZ ESPECÍFICA

Será utilizada técnica de Aula Expositiva.

4) AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

a) Será realizada por meio de uma prova escrita objetiva, abordando todas as UE; e

b) Deverão ser destinados 5 TA da UE 4, sendo 3 TA para aplicação da prova e 2 TA para comentários e vista de prova.

5) RECURSOS INSTRUCIONAIS

a) Quadro branco; e

b) Microcomputador com projetor multimídia.

6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Indispensável:

LAMARSH, John R. **Introduction to Nuclear Reactors Theor.** São Paulo: Saraiva, 2011.

Complementares:

a) DUDERSTADT, James J., HAMILTON, Lous, J. **Nuclear Reactor Analysis.** São Paulo: Prentice Hall, 2000.

b) _____. **Introduction to Nuclear Engineering.** São Paulo: Prentice Hall, 1998.

Continuação do anexo E, do Of nº 10-97/2019, da DEnsM.
MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

OM: CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK	
CURSO: APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM TECNOLOGIA NUCLEAR	
CÓDIGO: MAE	CARGA HORÁRIA: 35 HORAS
DISCIPLINA: MATEMÁTICA APLICADA A ENGENHARIA NUCLEAR	
ATUALIZADO EM 2019	
SUMÁRIO	

1) OBJETIVO DA DISCIPLINA

Aplicar conceitos fundamentais de matemática necessários a compreensão das demais disciplinas do curso.

2) LISTA DE UNIDADES DE ENSINO

- 1 - REVISÃO DE CÁLCULO.....02 HORAS**
1.1 - Derivada; e
1.2 - Integral.
- 2 - EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ORDINÁRIAS.....03 HORAS**
2.1 - Equações Lineares.
- 3 - EQUAÇÕES DIFERENCIAIS PARCIAIS.....05 HORAS**
3.1 - Equações específicas.
- 4 - TRANSFORMADA DE LAPLACE02 HORAS**
4.1 - Operações.
- 5 - DERIVADAS DIRECIONAIS.....03 HORAS**
5.1 - Gradiente; e
5.2 - Aplicações.
- 6 - INTEGRAÇÃO MÚLTIPLA.....02 HORAS**
6.1 - Integral dupla e Tripla.
- 7 - INTRODUÇÃO AO CÁLCULO DE CAMPOS VETORIAIS.....05 HORAS**
7.1 - Operação com vetores;
7.2 - Produto escalar e vetorial; e
7.3 - Dependência e independência linear.
- 8 - ALGEBRA BOOLEANA.....02 HORAS**
8.1 - Operações e propriedades; e
8.2 - Aplicações.
- 9 - PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA APLICADA.....11 HORAS**
9.1 - Métodos Estatísticos;
9.2 - Espaço Amostral; e
9.3 - Distribuição.

3) DIRETRIZ ESPECÍFICA

Será utilizada técnica de Aula Expositiva.

4) AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

- a) Será realizada por meio de uma prova escrita objetiva, abordando todas as UE; e
- b) Deverão ser destinados 5 TA da UE 9 sendo 3 TA para aplicação da prova e 2 TA para comentários e vista de prova.

5) RECURSOS INSTRUCIONAIS

- a) Quadro branco; e
- b) Microcomputador com projetor multimídia.

6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Indispensável:

GRANVILLE, W. A., SMITH, P. F., LONGLEY, W. R. **Elementos de Cálculo Diferencial e Integral**. Tradução J. Abdelhai. 10ª ed. Ed. Âmbito Cultural, 2013.

Complementares:

- a) COSTA NETO, P.L.O.; CYMBALISTA, M. **Probabilidades: resumos teóricos, exercícios resolvidos, exercícios propostos**. São Paulo, Edgard Blucher, 2003.
- b) COSTA NETO, P.L.O. **Estatística**. 2ª ed. São Paulo, Edgard Blucher, 2003.
- c) FLOYD, T. **Sistemas Digitais: fundamentos e aplicações**. 9ª ed. Bookman Ed., São Paulo, 2007.
- d) KUMAMOTO, H.; HENLEY, E.J. **Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists**. 2ª ed. IEEE Press, 1996.
- e) LEITHOLD, Louis. **O Cálculo com Geometria Analítica**. (Vol. 1 e Vol. 2). Tradução Cyro C. Patarra. 3ª ed. Ed. Harbra Ltda. São Paulo, 1994. Ed. Atlas. São Paulo, 1998.
- f) MODARRES, M.; KAMINSKI, M.; KRIVTSOV, V. **Reliability Engineering and Risk Analysis - A practical guide**. 2ª ed. CRC Press, Florida, 2010.

MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

OM: CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK	
CURSO: APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM TECNOLOGIA NUCLEAR	
CÓDIGO: ENR	CARGA HORÁRIA: 35 HORAS
DISCIPLINA: ENGENHARIA DE REATORES	ATUALIZADO EM 2019
SUMÁRIO	

1) OBJETIVOS DA DISCIPLINA

- a) Descrever conceitos fundamentais sobre os reatores nucleares; e
- b) Estabelecer os princípios termodinâmicos associados a operação desses reatores.

2) LISTA DE UNIDADES DE ENSINO

- 1 - INTRODUÇÃO À ENGENHARIA DE REATORES.....07 HORAS**
- 1.1 - Conceitos fundamentais e classes de reatores nucleares;
 - 1.2 - Histórico e gerações de reatores; e
 - 1.3 - Características e sistemas básicos.
- 2 - TERMODINÂMICA DE CENTRAIS NUCLEARES.....07 HORAS**
- 2.1 - Considerações termodinâmicas em reatores;
 - 2.2 - Limites de projeto térmico; e
 - 2.3 - Geração de calor em reatores.
- 3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR.....07 HORAS**
- 3.1 - Transferência de calor para o refrigerante; e
 - 3.2 - Coeficiente de transferência de calor (refrigerante não metálico).
- 4 - EBULIÇÃO.....14 HORAS**
- 4.1 - Regimes de ebulição;
 - 4.2 - Projeto térmico de reator; e
 - 4.3 - DNBR.

3) DIRETRIZ ESPECÍFICA

Será utilizada técnica de Aula Expositiva.

4) AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

- a) Será realizada por meio de uma prova escrita objetiva, abordando todas as UE; e
- b) Deverão ser destinados 5 TA da UE 4, sendo 3 TA para aplicação da prova e 2 TA para comentários e vista de prova.

5) RECURSOS INSTRUCIONAIS

- a) Quadro branco; e
- b) Microcomputador com projetor multimídia.

6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Indispensável:

TODREAS, Neil E. KAZIMI, Mujid S. **Nuclear Systems I: Thermal Hydraulics Fundamentals**. 2ª ed. New York: Hardback, 2002.

Complementares:

- a) GOLDBERG, Stephen M., ROSNER, Robert. **Nuclear Reactors: Generation to Generation**. American Academy of Arts and Sciences, 2011. Disponível em: <<https://www.amacad.org/pdfs/nuclearReactors.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2019.
- b) J. R. Lamarsh e A. J. Baratta, **Introduction to nuclear engineering**. New Jersey: Ed. Prentice-Hall, 2001.

Continuação do anexo E, do Of nº 10-97/2019, da DEnsM.
MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

OM: CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK	
CURSO: APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM TECNOLOGIA NUCLEAR	
CÓDIGO: OPR	CARGA HORÁRIA: 35 HORAS
DISCIPLINA: OPERAÇÃO DE REATORES PWR	ATUALIZADO EM 2019
SUMÁRIO	

1) OBJETIVO DA DISCIPLINA

Descrever os principais conceitos vinculados a operação de reatores, bem como conceitos fundamentais relacionados ao reator nuclear.

2) LISTA DE UNIDADES DE ENSINO

1 - DESCRIÇÃO E OPERAÇÃO DE REATOR PWR.....03 HORAS

- 1.1 - Descrição do projeto do reator e suas especificações técnicas;
- 1.2 - Procedimentos operacionais; e
- 1.3 - Operação do reator.

2 - PRINCIPAIS COMPONENTES DE UM PWR.....03 HORAS

- 2.1 - O reator nuclear;
- 2.2 - O pressurizador;
- 2.3 - O gerador de vapor;
- 2.4 - A turbina;
- 2.5 - O condensador; e
- 2.6 - O gerador elétrico.

3 - SISTEMAS DE UM PWR.....04 HORAS

- 3.1 - Sistema de refrigeração do reator;
- 3.2 - Sistema de controle químico e volumétrico;
- 3.3 - Sistema de remoção de calor residual;
- 3.4 - Sistema de injeção de segurança;
- 3.5 - Sistema de água de alimentação; e
- 3.6 - Sistema de vapor principal e auxiliar.

4 - MECANISMOS DE CONTROLE DO REATOR.....02 HORAS

- 4.1 - Tipos de controle de potência;
- 4.2 - Sistema das barras de controle;
- 4.3 - Sistema de controle da potência gerada; e
- 4.4 - Sistema de controle do pressurizador.

5 - APROXIMAÇÃO SUBCRÍTICA (CRITICALIDADE)03 HORAS

- 5.1 - Fundamentos teóricos; e
- 5.2 - Experimento de aproximação subcrítica por remoção de veneno.

6 - CALIBRAÇÃO DE BARRA DE CONTROLE.....03 HORAS

- 6.1 - Fundamentos teóricos; e
- 6.2 - Experimento de calibração da barra de controle pelo método de queda de barra.

7 - COEFICIENTES DE TEMPERATURA E VAZIO.....03 HORAS

- 7.1 - Fundamentos teóricos; e
- 7.2 - Experimentos de determinação dos coeficientes de temperatura e de vazio.

8 - MEDIDA DE FLUXO DE NÊUTRONS.....03 HORAS

- 8.1 - Fundamentos teóricos; e
- 8.2 - Experimento de medida do fluxo de nêutrons no núcleo do reator.

9 - OPERAÇÃO DE REATORES.....11 HORAS

- 9.1 - Procedimentos de inicialização e desligamento de reatores;
- 9.2 - Procedimentos de *Trip* do reator e ações em caso de acidentes; e
- 9.3 - Resposta de transientes em operação do reator.

3) DIRETRIZ ESPECÍFICA

Será utilizada técnica de Aula Expositiva.

4) AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

- a) Será realizada por meio de uma prova escrita objetiva, abordando todas as UE; e
- b) Deverão ser destinadas 5 TA da UE 6, sendo 3 TA para aplicação da prova e 2 TA para comentários e vista de prova.

5) RECURSOS INSTRUCIONAIS

- a) Quadro branco; e
- b) Microcomputador com projetor multimídia.

6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Indispensável:

CACUCI, D. G. **Handbook of Nuclear Engineering**. 4ª ed. New Jersey: Springer, 2010.

Complementares:

- a) DUDERSTADT, James J., HAMILTON, Louis J. **Nuclear Reactor Analysis**. Ed. J. Wiley. New York, 1976.
- b) LAMARSH, John R., BARATTA, Anthony J. **Introduction to Nuclear Engineering**. 3ª ed. Ed. Prentice Hall. New Jersey, 2001.
- c) LAMARSH, John R. **Introduction to Nuclear Reactors Theory**. 2ª ed. New York: Editora Addison-Wesley, 1966.
- d) REUSS, Paul. **Neutron Physics**, Ed. EDP Sciences. Les Ulis, 2008.
- e) STACEY, Weston M. **Nuclear Reactor Physics**, 2ª ed. Ed. Wiley-VCH. Weinheim, 2007.

Continuação do anexo E, do Of nº 10-97/2019, da DEnsM.
MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

OM: CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK	
CURSO: APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM TECNOLOGIA NUCLEAR	
CÓDIGO: PRD	CARGA HORÁRIA: 35 HORAS
DISCIPLINA: PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E DETETORES	
ATUALIZADO EM 2019	
SUMÁRIO	

1) OBJETIVOS DA DISCIPLINA

- a) Aplicar aspectos relacionados ao manuseio seguro de fontes de radiação ionizantes, as grandezas utilizadas para a quantificação da radiação transferida a um meio material qualquer, os possíveis danos biológicos advindos da interação da radiação com o indivíduo e a legislação vigente sobre o uso de fontes de radiação; e
- b) Identificar os detectores empregados para a medida da radiação.

2) LISTA DE UNIDADES DE ENSINO

1 - FONTES DE RADIAÇÃO.....05 HORAS

- 1.1 - Unidades e Definições;
- 1.2 - Fontes de Partículas Carregadas;
- 1.3 - Fontes de Nêutrons;
- 1.4 - Fontes de Raios-X; e
- 1.5 - Fontes de Raios-gama.

2 - INSTALAÇÕES NUCLEARES E RADIOATIVAS02 HORAS

- 2.1 - Instalações Nucleares;
- 2.2 - Instalações Radioativas; e
- 2.3 - Repositórios para Rejeitos radioativos.

3 - GRANDEZAS FÍSICAS E UNIDADES USADAS EM RADIOPROTEÇÃO....04 HORAS

- 3.1 - Relação entre as grandezas;
- 3.2 - Grandezas Operacionais;
- 3.3 - Princípios de Proteção Radiológica; e
- 3.4 - Cuidados de Radioproteção.

4 - DECAIMENTO RADIOATIVO.....03 HORAS

- 4.1 - Conceito de Meia-vida e Vida Média;
- 4.2 - Equação do Decaimento;
- 4.3 - Equilíbrio entre Radionuclídeo Pai e Seus Descendentes; e
- 4.4 - Curva de Decaimento Radioativo.

5 - INTERAÇÃO DAS RADIAÇÕES COM A MATÉRIA.....03 HORAS

- 5.1 - Interações de Partículas Carregadas;
- 5.2 - Interações de Raios-Gama; e
- 5.3 - Interações de Nêutrons.

6 - EFEITOS BIOLÓGICOS DAS RADIAÇÕES.....09 HORAS

- 6.1 - Classificação dos Efeitos Biológicos da Radiação;
- 6.2 - Etapas da Produção dos efeitos biológicos;
- 6.3 - Radiossensibilidade dos tecidos; e
- 6.4 - Dosimetria Citogenética.

7 - DETECTORES..... 09 HORAS

- 7.1 - Detectores de Radiação;
- 7.2 - Modelo Simplificado de Detector;
- 7.3 - Eficiência de Detecção;
- 7.4 - Tempo Morto;
- 7.5 - Detectores a gás:
 - 7.5.1 - Câmaras de Ionização;
 - 7.5.2 - Detectores Proporcionais; e
 - 7.5.3 - Detectores Geiger-Müller.
- 7.6 - Detectores Semicondutores:
 - 7.6.1 - Princípios de Funcionamento; e
 - 7.6.2 - Características como Resolução, Eficiência e tempo morto.
- 7.7 - Detectores Cintiladores:
 - 7.7.1 - Princípio de Funcionamento; e
 - 7.7.2 - Fotomultiplicadoras.

3) DIRETRIZ ESPECÍFICA

Será utilizada técnica de Aula Expositiva.

4) AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

- a) Média aritmética entre duas avaliações, assim distribuídas:
 - I - será realizada por meio de uma prova escrita objetiva (60% da nota), abordando as UE 1 a 6.
 - II - deverão ser destinados 3 TA da UE 6, sendo 2 TA para a realização da prova e 1 TA para comentários e vista de prova; e
- b) Será aplicado um Trabalho Individual (40% da nota), abordando as UE 1 a 7. Deverão ser destinados 3 TA da UE 7, sendo 2 TA para a realização do trabalho em sala de aula e 1 para comentários.

5) RECURSOS INSTRUCIONAIS

- a) Quadro branco; e
- b) Microcomputador com projetor multimídia.

6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Indispensável:

KNOLL G.F. **Radiation Detection and Measurement**, 3ª ed. New York: Editora John Wiley, 2000.

Complementares:

- a) ATTIX, F. H. **Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry**, John Wiley & Sons, NY, 1986.
- b) CNEN-NN-3.01. **Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica**, 2011.
- c) CNEN-NE-3.02. **Serviços de Radioproteção**, 1988.
- d) INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). **Biological Dosimetry: Chromosomal Aberration Analysis for Dose Assessment (Technical Report Series no. 260)**. Vienna IAEA, 1986.
- e) _____. **Radiation Biology: A Handbook for Teachers and Students (Training Course Series no. 42)**. Vienna IAEA, 2010.
- f) _____. **Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment (Safety Report Series no. 19)**. Vienna IAEA, 2001.

- g) INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. **ICRP Publication 103: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection.** Elsevier, 2007.
- h) _____. **ICRU: Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation**, Geneve, 2011.
- i) OKUNO, E.; YOSHIMURA, E. M. **Física das Radiações**. 1ª ed. S. Paulo: Oficina de Textos, v. 1, 2010.
- j) SCHECHTER H. **Introdução à Física Nuclear**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2007.
- k) TILL, J.E. & GROGAN, H.A. **Radiological Risk Assessment and Environmental Analysis**. Oxford University Press, NY, 2008.

Continuação do anexo E, do Of nº 10-97/2019, da DEnsM.
MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

OM: CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK	
CURSO: APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM TECNOLOGIA NUCLEAR	
CÓDIGO: SNU	CARGA HORÁRIA: 35 HORAS
DISCIPLINA: SEGURANÇA NUCLEAR	ATUALIZADO EM 2019
SUMÁRIO	

1) OBJETIVO DA DISCIPLINA

Descrever conceitos fundamentais sobre segurança nuclear e como são incorporados às bases de projeto, delineando/guiando todo o projeto e operação de instalações nucleares.

2) LISTA DE UNIDADES DE ENSINO

1- INTRODUÇÃO.....04 HORAS

- 1.1 - Princípios gerais;
- 1.2 - Licenciamento e controle;
- 1.3 - O órgão regulador: Comissão Nacional de energia Nuclear (CNEN);
- 1.4 - Critérios Gerais de Projeto (GDC's); e
- 1.5 - Normas e orientações relativas à segurança nuclear.

2 - CONCEITOS RELATIVOS À SEGURANÇA NUCLEAR.....05 HORAS

- 2.1 - Funções de segurança;
- 2.2 - Defesa em profundidade;
- 2.3 - Múltiplas barreiras;
- 2.4 - Redundância, diversidade e segregação; e
- 2.5 - Outros conceitos e definições.

3- ANÁLISE DE SEGURANÇA.....07 HORAS

- 3.1 - Finalidade e conceitos de Análise de Segurança;
- 3.2 - Princípios da Análise Determinística; e
- 3.3 - Princípios da Análise Probabilística.

4 - CONSEQUÊNCIAS RADIOLÓGICAS.....07 HORAS

- 4.1 - Conceitos iniciais;
- 4.2 - Liberação de materiais radioativos;
- 4.3 - Dispersão atmosférica;
- 4.4 - Critérios para a escolha do local;
- 4.5 - Introdução à análise de consequências; e
- 4.6 - Plano de emergência.

5 - DESCRIÇÃO E CONSIDERAÇÕES SOBRE ALGUNS ACIDENTES.....12 HORAS

- 5.1 - A escala INES (*International Nuclear Event Scale*);
- 5.2 - Chernobyl;
- 5.3 - Three Mile Island;
- 5.4 - Fukushima; e
- 5.5 - Acidente com Césio em Goiânia.

3) DIRETRIZ ESPECÍFICA

Será utilizada técnica de Aula Expositiva.

4) AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

- a) Será realizada por meio de uma prova escrita objetiva, abordando todas as UE; e
- b) Deverão ser destinados 5 TA da UE 5, sendo 3 TA para a realização da prova e 2 TA para comentários e vista de prova.

5) RECURSOS INSTRUCIONAIS

- a) Quadro branco; e
- b) Microcomputador com projetor multimídia.

6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Indispensável:

LIBMANN, Jacques. **Elements of Nuclear Safety**. Oxford University Press, NY, 2008.

Complementares:

- a) J. R. Lamarsh e A. J. Baratta, **Introduction to nuclear engineering**, New Jersey: Ed. Prentice-Hall, 2001.
- b) PETRANGELI, Gianni. **Nuclear Safety**. Prentice Hall. New Jersey, 2001.

Continuação do anexo E, do Of nº 10-97/2019, da DEnsM.
MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

OM: CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK	
CURSO: APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM TECNOLOGIA NUCLEAR	
CÓDIGO: CCR	CARGA HORÁRIA: 35 HORAS
DISCIPLINA: CICLO DO COMBUSTÍVEL E REJEITOS RADIATIVOS	
ATUALIZADO EM 2019	
SUMÁRIO	

1) OBJETIVO DA DISCIPLINA

Descrever os principais conceitos vinculados ao Ciclo do Combustível Nuclear e cada uma de suas etapas, bem como aspectos relacionados ao gerenciamento de rejeitos radioativos.

2) LISTA DE UNIDADES DE ENSINO

1 - INTRODUÇÃO AO CICLO DO COMBUSTÍVEL NUCLEAR02 HORAS

- 1.1 - Princípios básicos do ciclo do combustível; e
- 1.2 - Descrição de cada uma das etapas que compõem o ciclo.

2 - MINERAÇÃO E BENEFICIAMENTO.....03 HORAS

- 2.1 - Mineração de urânio no mundo;
- 2.2 - Princípios básicos do beneficiamento do urânio; e
- 2.3 - Aspectos regulatórios e ambientais relativos às etapas de beneficiamento do urânio.

3 - CONVERSÃO.....03 HORAS

- 3.1 - Princípios básicos de conversão; e
- 3.2 - Técnicas de conversão.

4 - ENRIQUECIMENTO ISOTÓPICO..... 03 HORAS

- 4.1 - Princípios básicos do enriquecimento isotópico;
- 4.2 - Técnicas de enriquecimento; e
- 4.3 - Separação isotópica.

5 - RECONVERSÃO.....02 HORAS

- 5.1 - Princípios básicos de reconversão; e
- 5.2 - Técnicas de reconversão.

6 - FABRICAÇÃO E DESEMPENHO DO COMBUSTÍVEL.....04 HORAS

- 6.1 - Processos de fabricação de combustível nuclear;
- 6.2 - Caracterização e controle de qualidade do combustível nuclear; e
- 6.3 - Desempenho do combustível.

7 - TIPOS DE ELEMENTO COMBUSTÍVEL.....03 HORAS

- 7.1 - Descrição dos principais tipos de elementos combustíveis;
- 7.2 - Processos de fabricação e montagem; e
- 7.3 - Controle de qualidade de elementos combustíveis.

8 - REPROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO DE COMBUSTÍVEL.....02 HORAS

- 8.1 - Princípios básicos de reprocessamento e armazenamento de combustível queimado; e
- 8.2 - Aspectos legais e econômicos do reprocessamento.

9 - DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE REJEITOS RADIOATIVOS.....02 HORAS

- 9.1 - Definição de rejeito radioativo;
- 9.2 - Classificação de rejeitos radioativos; e
- 9.3 - Condições de armazenamento temporário e definitivo.

10 - POLÍTICA DE REJEITOS RADIOATIVOS NO BRASIL.....02 HORAS

- 10.1 - Aspectos normativos e legais; e
- 10.2 - Panorama atual no Brasil.

11 - GERENCIAMENTO DE REJEITOS RADIOATIVOS.....02 HORAS

- 11.1 - Princípios básicos do gerenciamento de rejeitos radioativos;
- 11.2 - Tratamento de rejeitos; e
- 11.3 - Armazenamento de rejeitos.

12 - DEPÓSITOS PARA REJEITOS RADIOATIVOS.....07 HORAS

- 12.1 - Tipos de depósitos finais para rejeitos radioativos;
- 12.2 - Aspectos normativos e legais para a seleção de local para depósitos finais; e
- 12.3 - Licenciamento de depósito de rejeitos.

3) DIRETRIZ ESPECÍFICA

Será utilizada técnica de Aula Expositiva.

4) AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

- a) Será realizada por meio de uma prova escrita objetiva, abordando todas as UE; e
- b) Deverão ser destinadas 5 TA da UE 12, sendo 3 TA para a realização da prova e 2 TA para comentários e vista de prova.

5) RECURSOS INSTRUCIONAIS

- a) Quadro branco; e
- b) Microcomputador com projetor multimídia.

6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Indispensável:

CACUCI, D. G., **Handbook of Nuclear Engineering**. 4ª ed. New Jersey: Springer, 2010.

Complementares:

- a) CROSSLAND, I. **Nuclear Fuel Cycle and Engineering**. Woodhead Publishing, 2013.
- b) IAEA, **Nuclear Fuel Cycle Information System, TECDOC-1613**, 2009.
- c) _____. **Uranium Raw Material for the Nuclear Fuel Cycle: Exploration, Mining, Production, Supply and Demand, Economics and Environmental Issues TECDOC**, 2014.
- d) _____. **Predisposal Management of Radioactive Waste - Safety Standards Series No.GSR Part 5**, 2009.
- e) _____. **The Management System for the Processing, Handling and Storage of Radioactive Waste - Safety Standards Series No. GS-G-3.3**, 2008.
- f) _____. **Storage of Radioactive Waste - Safety Standards Series No. WS-G-6.1**, 2006.
- g) IAEA, **The Management System for the Disposal of Radioactive Waste - Safety Standards Series No. GS-G-3.4**, 2008.
- h) BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Norma CNEN-NN-8.01 - Gerência de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação** (Resolução 167/14).

Continuação do anexo F, do Of nº 10-97/2019, da DEnsM.

- i) _____. Norma CNEN-NN-8.02 - **Licenciamento de Depósitos de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação** (Resolução 168/14).
- j) _____. Posição Regulatória CNEN 1.26/001, **Gerenciamento de Rejeitos Radioativos em Usinas Nucleoelétricas**.
- k) TSOUFANIDIS, N. **The Nuclear Fuel Cycle**. American Nuclear Society, 2013.

Continuação do anexo E, do Of nº 10-97/2019, da DEnsM.
MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

OM: CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK	
CURSO: APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM TECNOLOGIA NUCLEAR	
CÓDIGO: LNU	CARGA HORÁRIA: 35 HORAS
DISCIPLINA: PROCESSO DE LICENCIAMENTO NUCLEAR	
ATUALIZADO EM 2019	
SUMÁRIO	

1) OBJETIVO DA DISCIPLINA

Identificar as principais características do processo de Licenciamento junto à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), considerando os aspectos jurídicos, de gestão, de projeto, qualidade, radioproteção, gerenciamento de rejeitos, operação, comissionamento, manutenção e descomissionamento.

2) LISTA DE UNIDADES DE ENSINO

1 - LICENCIAMENTO NUCLEAR.....35 HORAS

- 1.1 - Processo, terminologia e característica de gestão;
- 1.2 - Aspectos jurídicos;
- 1.3 - Aspectos de projeto;
- 1.4 - Aspectos de qualidade;
- 1.5 - Aspectos de gerenciamento de rejeitos;
- 1.6 - Aspectos de radioproteção;
- 1.7 - Aspectos de operação;
- 1.8 - Aspectos de comissionamento;
- 1.9 - Aspectos de manutenção; e
- 1.10 - Aspectos de descomissionamento.

3) DIRETRIZ ESPECÍFICA

Será utilizada técnica de Aula Expositiva.

4) AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

- a) Será realizada por meio de uma prova escrita objetiva, abordando a UE 1; e
- b) Deverão ser destinados 5 TA da UE1, sendo 3 TA para a realização da prova e 2 TA para comentários e vista de prova.

5) RECURSOS INSTRUCIONAIS

- a) Quadro branco; e
- b) Microcomputador com projetor multimídia.

6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Indispensável:

BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **CNEN NE-1.04, Licenciamento de Instalações Nucleares**, 2002.

Complementares:

- a) BRASIL. Presidência da República. Lei nº4.118 - Dispõe sobre a política nacional de energia nuclear e cria a Comissão Nacional de Energia Nuclear, 1962.

- b) _____. Lei nº 6.189 - Altera a Lei nº 4.118, de 27 de agosto de 1962, e a Lei nº 5.740, de 1 de dezembro de 1971, que criaram, respectivamente, a Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN e a Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear - CBTN, que passa a denominar-se Empresas Nucleares Brasileiras Sociedade Anônima – NUCLEBRÁS, 1974.
- c) ÁUTRIA. Agência Internacional de Energia Atômica. **IAEA NPT-T-2.7: Project Management in Nuclear Power Plant Construction: Guideline and Experience.**
- d) _____. **IAEA NG-3.1- Milestones in the Development of a National Infrastructure for NPP.**
- e) CFR part 100, **Reactor Site Criteria.**
- f) CFR part 50, **Domestic Licensing of Production and Utilization Facilities.**
- g) NUREG 0800, **Standard Review Plan for Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants.**
- h) BRASIL. Comissão Nacional de Energia Elétrica. **CNEN NE 2.01, Proteção Física de Unidades Operacionais da Área Nuclear,** 2011.
- i) _____. **CNEN NE 2.03, Proteção Contra Incêndio de Usinas Nucleo-Elétricas,** 1999.
- j) _____. **CNEN NN 3.01, Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica,** 2011.
- k) _____. **CNEN NN 8.01, Gerenciamento de Rejeitos Radioativos de Médio e Baixo Nível de Radiação,** 2014.
- l) _____. **CNEN NN 8.01, Licenciamento de Depósitos de Rejeitos Radioativos de Médio e Baixo Níveis de Radiação,** 2014.
- m) _____. **CNEN NN 1.16, Garantia da Qualidade para a Segurança de Usinas Nucleoelétricas e outras Instalações,** 2000.
- n) _____. **CNEN NE 1.26, Segurança na Operação de Usinas Nucleo-Elétricas,** 1997.
- o) _____. **CNEN NE 1.22, Programas de Meteorologia de Apoio de Usinas Nucleo-Elétricas,** 1989.
- p) _____. **CNEN NE 1.21, Manutenção em Usinas Nucleo-Elétricas,** 1991.
- q) _____. **CNEN NE 1.25, Inspeção em Serviço em Usinas Nucleo-Elétricas,** 1996.
- r) _____. **CNEN NN 9.01, Descomissionamento Usinas Nucleo-Elétricas,** 2010.

Continuação do anexo F, do Of nº 10-97/2019, da DEnsM.
MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

OM:CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK	
CURSO: APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM TECNOLOGIA NUCLEAR	
CÓDIGO: OSN	CARGA HORÁRIA: 35 HORAS
DISCIPLINA: OPERAÇÃO DO SUBMARINO NUCLEAR	
ATUALIZADO EM 2019	
SUMÁRIO	

1) OBJETIVO DA DISCIPLINA

Aplicar os principais conceitos relacionados à operação de um submarino nuclear.

2) LISTA DE UNIDADES DE ENSINO

- 1 - ESTRATÉGIA DE EMPREGO 10 HORAS**
1.1 - Estratégias; e
1.2 - Definição de Estado de Operação.
- 2 - CONDICIONANTES 07 HORAS**
2.1 - Do Reator; e
2.2 - Operativos.
- 3 - OPERAÇÃO..... 05 HORAS**
3.1 - Estados de Operação.
- 4 - CARACTERÍSTICAS TÁTICAS ESSENCIAIS.....03 HORAS**
4.1 - Desejáveis e opcionais do submarino.
- 5 - SEGURANÇA CIBERNÉTICA 10 HORAS**
5.1 - Impacto do Emprego de Automação; e
5.2 - Organização da tripulação.

3) DIRETRIZ ESPECÍFICA

Será utilizada técnica de Aula Expositiva.

4) AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Média aritmética entre duas avaliações, assim distribuídas:

- a) Será realizada por meio de uma prova escrita objetiva (60% da nota), abordando as UE 1 a 5. Deverão ser destinados 3 TA da UE 5, sendo 2 TA para a realização da prova e 1 TA para comentários e vista de prova; e
- b) Será aplicado um Trabalho Individual (40% da nota), abordando as UE 1 à 5. Deverão ser destinados 3 TA da UE 5, sendo 2 TA para a realização do trabalho em sala de aula e 1 para comentários.

5) RECURSOS INSTRUCIONAIS

- a) Quadro branco; e
- b) Microcomputador com projetor multimídia.

6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Indispensável:

BRASIL. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa**, 2012.

Complementar:

BRASIL. Ministério da Defesa. **Estratégia Nacional de Defesa**, 2012.

MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

OM: CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK	
CURSO: APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM TECNOLOGIA NUCLEAR	
CÓDIGO: GPR	CARGA HORÁRIA: 35 HORAS
DISCIPLINA: GERENCIAMENTO DE PROJETOS	ATUALIZADO EM 2019
SUMÁRIO	

1) OBJETIVOS DA DISCIPLINA

- a) Analisar os contextos de riscos inerentes ao desenvolvimento e gerenciamento de projetos na área nuclear e suas formas de gestão;
- b) Apresentar ferramentas gerenciais que permitam o gerenciamento eficaz de projetos; e
- c) Utilizar a metodologia de vanguarda para o planejamento, documentação, acompanhamento e gerenciamento de projetos em geral, objetivando a concretização das metas definidas no escopo do projeto, em consonância com o cumprimento de prazos/custos acordados.

2) LISTA DE UNIDADES DE ENSINO

1 - INTRODUÇÃO AO GERENCIAMENTO DE PROJETOS.....02 HORAS

- 1.1 - Programa e Portfólio.

2 - PROJETOS.....04 HORAS

- 2.1 - Características do ambiente de projetos; e
- 2.2 - Gerenciamento dos *stake holders* do projeto.

3 - GERÊNCIA E GESTÃO DE PROJETOS.....29 HORAS

- 3.1 - Gerência de escopo;
- 3.2 - Gestão de riscos;
- 3.3 - Gerência do tempo;
- 3.4 - Gestão de custos;
- 3.5 - Gerenciamento do fator humano;
- 3.6 - Gerenciamento da qualidade em projetos;
- 3.7 - Gerenciamento da comunicação e negociação no contexto do projeto;
- 3.8 - Gerenciamento de aquisições do projeto;
- 3.9 - Encerramento do projeto; e
- 3.10 - Estudos de caso de gerenciamento de projetos na área nuclear.

3) DIRETRIZ ESPECÍFICA

Será utilizada técnica de Aula Expositiva.

4) AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

- a) Será realizada por meio de uma prova escrita objetiva, abordando todas as UE; e
- b) Deverão ser destinados 5 TA da UE 3, sendo 3 TA para a realização da prova e 2 TA para comentários e vista de prova.

5) RECURSOS INSTRUCIONAIS

- a) Quadro branco; e
- b) Microcomputador com projetor multimídia.

6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Indispensável:

BARCAUI, André B. **Gerente também é gente**. Rio de Janeiro: Brasport, 2006.

Complementares:

- a) INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, **Project Management in Nuclear Power Plant Construction: Guidelines and Experience**. No NP-T-2.7. Viena. 2012.
- b) _____. **Nuclear Power Project Management, Technical Reports Series No. 279**, IAEA, Vienna (1988).
- c) _____. **Management of Delayed Nuclear Power Plant Projects**, IAEA-TECDOC-1110, IAEA, Vienna (1999).
- d) _____. **Managing the First NPP Project**, IAEA-TECDOC-1555, IAEA, Vienna (2007).
- e) KERZNER, Harold. **Project management - best practices: achieving global excellence**. New York: John Willey & Sons, 2014.
- f) _____. **Project Management: a systems approach to planning, scheduling and controlling**. New York: John Willey & Sons, 2013.
- g) _____. **Project Management Body of Knowledge (PMBok). Project Management Institute**. 5ª ed. Newton Square: Pennsylvania USA, 2012.
- h) RABEQUINI Jr., Roque; Marly Monteiro de Carvalho (Orgs.). **Gerenciamento de projetos na prática: casos brasileiros**. São Paulo: Atlas, 2006.
- i) _____. **O gerente de projetos na empresa**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- j) VALLE, André Bittencourt do et al. **Fundamentos do gerenciamento de projetos**. Rio de Janeiro: FGV, 2013.
- k) VARGAS, Ricardo Viana. **Gerenciamento de projetos**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.
- l) _____. **Manual prático do plano de projeto**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2014.
- m) XAVIER, Carlos Magno da Silva et al. **Metodologia de gerenciamento de projetos - Methodware®: abordagem prática de como iniciar, planejar, executar, controlar e fechar projetos**. Rio de Janeiro: Brasport, 2013.

Continuação do anexo E, do Of nº 10-97/2019, da DEnsM.
MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

OM: CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK	
CURSO: APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM TECNOLOGIA NUCLEAR	
CÓDIGO: CQN	CARGA HORÁRIA: 35 HORAS
DISCIPLINA: LICITAÇÕES, PROCESSO DE COMPRAS GOVERNAMENTAIS E QUALIDADE NUCLEAR	
CRIADO EM 2017	
SUMÁRIO	

1) OBJETIVO DA DISCIPLINA

Identificar as principais características do processo de compras públicas e de execução contratual fundamentando-se em conhecimentos técnicos, legais e de gestão, com foco em resultados de eficiência - custo, tempo e qualidade - que tenham como principais objetivos a satisfação da necessidade do órgão público e o atendimento a requisitos de qualidade.

2) LISTA DE UNIDADES DE ENSINO

1 - INTRODUÇÃO.....05 HORAS

- 1.1 - Compras Públicas; e
- 1.2 - Premissas das compras públicas.

2 - PROJETO BÁSICO.....08 HORAS

- 2.1 - Pesquisa de Mercado.

3 - MODALIDADES DE LICITAÇÃO.....22 HORAS

- 3.1 - Lei nº 8.666/1993;
- 3.2 - Processo interno;
- 3.3 - O certame;
- 3.4 - O contrato; e
- 3.5 - Execução contratual.

3) DIRETRIZ ESPECÍFICA

Será utilizada técnica de Aula Expositiva.

4) AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

- a) Será realizada por meio de uma prova escrita objetiva, abordando todas as UE; e
- b) Deverão ser destinados 5 TA da UE 3, sendo 3 TA para a realização da prova e 2 TA para comentários e vista de prova.

5) RECURSOS INSTRUCIONAIS

- a) Quadro branco; e
- b) Microcomputador com projetor multimídia.

6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Indispensável:

FENILI, Renato. **Boas práticas administrativas em compras e contratações públicas**. Rio de Janeiro: Impetus, 2016.

Complementares:

- a) DE ALMEIDA, Carlos Wellington Leite. **"Fiscalização contratual: “Calcanhar de Aquiles” da execução dos contratos administrativos."** *Revista do TCU* 114 (2009): 53-62.
- b) MUKAI, Toshio. **O Novo Estatuto Jurídico das Licitações e Contratos Públicos: Comentários À Lei nº 8.666/1993: com as Alterações Promovidas Pela Lei nº 8.883/94.** Editora Revista dos Tribunais, 1994.

**MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA**

OM: CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK	
CURSO: APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM TECNOLOGIA NUCLEAR	
CÓDIGO: FTH	CARGA HORÁRIA: 35 HORAS
DISCIPLINA: FATORES HUMANOS APLICADOS A ENGENHARIA NUCLEAR	
CRIADO EM 2017	
SUMÁRIO	

1) OBJETIVO DA DISCIPLINA

Identificar as principais características dos Fatores Humanos relacionados à operação e acidentes nucleares.

2) LISTA DE UNIDADES DE ENSINO

1 - APRESENTAÇÃO DO CURSO06 HORAS

- 1.1 - Percepção; e
- 1.2 - Automação.

2 - DESEMPENHO HUMANO 10 HORAS

- 2.1 - Erro Humano;
- 2.2 - Acidentes; e
- 2.3 - Atenção.

3 - PRINCÍPIOS DE DESIGN DE IHM08 HORAS

- 3.1 - Alarmes.

4 - NORMAS DE FATORES HUMANOS.....11 HORAS

3) DIRETRIZ ESPECÍFICA

Será utilizada técnica de Aula Expositiva.

4) AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

- a) Será realizada por meio de uma prova escrita objetiva, abordando todas as UE; e
- b) Deverão ser destinados 5 TA da UE 4, sendo 3 TA para a realização da prova e 2 TA para comentários e vista de prova.

5) RECURSOS INSTRUCIONAIS

- a) Quadro branco; e
- b) Microcomputador com projetor multimídia.

6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Indispensável:

The Chernobyl accident: updating of INSAG-1: INSAG-7: a report. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1992.

Complementares:

- a) BAINBRIDGE, L. **Ironies of automation.** Automática, 19(6), 775-779, 1983.

- b) BOY, G. A., SCHMITT, K. A. **Design for safety: A cognitive engineering approach to the control and management of nuclear power plants.** Annals of Nuclear Energy, 52, 125-136.
- c) CARRERA, J. P., EATER, J. R. **Advanced alarm management in the aware system.** In **Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference.** Conference Record of the 1991 IEEE (pp. 1389-1393). IEEE, 1991, November.
- d) CARVALHO, P. V., SANTOS, I. L., GOMES, Borges J. O. **Human factors approach for evaluation and redesign of human-system interfaces of a nuclear power plant simulator.** Displays, 29(3), 273-284.2008.
- e) CARVALHO, P., VIDAL, M. C. CARVALHO, E. **Análise de microincidentes na operação de usinas nucleares: estudo de caso sobre o uso de procedimentos em organizações que lidam com tecnologias perigosas.** Revista Gestão e Produção, 12(2), 219-237. 2005.
- f) DE CARVALHO, P. V. R., DOS SANTOS, I. L., VIDAL, M. C. R. **O Trabalho dos Operadores de sala de controle de usinas Nucleares Brasileiras.** Em: Anais do XII Congresso Brasileiro de Ergonomia (XII ABERGO), Recife, Brasil, 2002.
- g) GAVER, William W.; SMITH, Randall B.; O'SHEA, Tim. In: **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human factors in Computing Systems.** ACM, 1991. p. 85-90.
- h) _____. **Effective sounds in complex systems: The ARKola simulation** In: **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human factors in Computing Systems.** ACM, 1991. p. 85-90.
- i) HOLLIFIELD, Bill. **The high performance HMI handbook.** Plant Automation Services, 2008.
- j) LIDA, I. **Ergonomia. Projeto e produção.** São Paulo: Edgard Blücher, 1997.
- k) HUGO, Jacques V., GERTMAN, David I. **A Method to Select Human-System Interfaces for Nuclear Power Plants.** Nuclear Engineering and Technology, Volume 48, Issue 1, February 2016, Pages 87-97.
- l) HUMAN, J. Hugo. **Human-system interfaces (HSIs) in small modular reactors (SMRs), in Carelli, M. D. and Ingersoll, D. T., Handbook of Small Modular Nuclear Reactors.** Elsevier, 2014.
- m) KEMENY, J. G. **The need for change, the legacy of TMI: report of the President's Commission the Accident at Three Mile Island.** Kemeny, chairman. Washington, D.C.: [s.n.] 1979.
- n) MEISTER, David. **Human factors testing and evaluation.** Elsevier, 1986.
- o) MERLIN, Peter W., GREGG, A. Bendrick, DWIGHT, A. Holland. **Breaking the Mishap Chain.** Government Printing Office, 2011.
- p) MUMAW, R. J., ROTH, E. M., VICENTE, K. J., BURNS, C. M. There is more to monitoring a nuclear power plant than meets the eye. **Human factors: The journal of the human factors and ergonomics society**, 42(1), 36-55 2000.
- q) NUCLEAR REGULATORY COMMISSION. NUREG/CR-5908. Human-system interface design review guidelines, 1994.
- r) _____. NUREG 0700 (Rev. 2). **Human-system interface design review guidelines**, 2002.
- s) OTAZO, J; FERNANDEZ, R. **Alarm-Processing in Nuclear Power Plants.** AATN 2000.
- t) REASON, J. **Human error.** Cambridge university press. 1990.
- u) ROCHLIN, Gene I.; LA PORTE, Todd R.; ROBERTS, Karlene H. **The self-designing high-reliability organization: Aircraft carrier flight operations at sea.** Naval War College Review, v. 40, n. 4, p. 76-90, 1987.
- v) SANDERS, M.S.; McCOMICK, E.J. (1993). **Human Factors in Engineering and Design.** 7ª ed. New York: McGraw-Hill.
- w) SHNEIDERMAN, Ben. **Designing the user interface.** Pearson Education India, 2003. (pg 74-75).
SKJERVE, Ann B., ANDREAS, Bye. **Simulator-based Human Factors Studies Across 25 Years - The History of the Halden Man-Machine Laboratory,** Springer.
- x) ÁUSTRIA. Agência Internacional de Energia Atômica. **Summary report on the post-accident review meeting on the Chernobyl accident.** Vienna: International Atomic Energy

Agency. 75-INSAG-1 (1986).

- y) WICKENS, C.D., Lee, J., Liu, Y. **An introduction to Human Factors Engineering**. 2ª ed. New York, NY: Longman.
- z) WOODSON, W.E., TILMAN, B. **Human Factors Design Handbook**. 2ª ed. New York, NY: McGraw-Hill, 1992.

MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

OM: CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK	
CURSO: APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM TECNOLOGIA NUCLEAR	
CÓDIGO: ICN	CARGA HORÁRIA: 35 HORAS
DISCIPLINA: INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE NUCLEAR	
ATUALIZADO EM 2019	
SUMÁRIO	

1) OBJETIVO DA DISCIPLINA

Descrever o histórico e os conceitos fundamentais de instrumentação e controle em plantas nucleares, sua importância, função e aplicação.

2) LISTA DE UNIDADES DE ENSINO

1 - PANORAMA INICIAL DE I&C.....05 HORAS

- 1.1 - Histórico;
- 1.2 - O que é a Informação e medição;
- 1.3 - Por que automatizar;
- 1.4 - Definição de unidades;
- 1.5 - Sinais;
- 1.6 - Classificação de instrumentos de medição; e
- 1.7 - Aspectos gerais de instrumentação.

2 - MEDIÇÃO DE VARIÁVEIS FÍSICAS.....05 HORAS

- 2.1 - Medição de temperatura;
- 2.2 - Medição de pressão;
- 2.3 - Medição de nível;
- 2.4 - Medição de vazão;
- 2.5 - Medição de radiação; e
- 2.6 - Analisadores.

3 - VÁLVULAS.....05 HORAS

- 3.1 - Classificação das válvulas;
- 3.2 - Classificação e simbologia;
- 3.3 - Curvas características;
- 3.4 - Desempenho; e
- 3.5 - Atuadores.

4 - CONTROLADORES.....05 HORAS

- 4.1 - Introdução;
- 4.2 - Conceito de controle automático;
- 4.3 - Ações de controle;
- 4.4 - Tipos de controles industriais; e
- 4.5 - Tipos de controladores.

5 - SIMBOLOGIA E IDENTIFICAÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO.....05 HORAS

- 5.1 - Histórico;
- 5.2 - Simbologia ISA/ABNT; e
- 5.3 - Documentação de Engenharia de Projeto.

6 - REGULAMENTAÇÃO E QUALIFICAÇÃO NUCLEAR.....05 HORAS

- 6.1 - *Nuclear Regulatory Commission* - NRC;
- 6.2 - *International Electrotechnical Commission*- IEC;
- 6.3 - *International Atomic Energy Agency* - IAEA;
- 6.4 - *American Society of Mechanical Engineers* - ASME;
- 6.5 - *Electric Power Research Institute* - EPRI; e
- 6.6 - *Institute of Electrical and Electronic Engineers* - IEEE.

7 - ARQUITETURA DE SISTEMAS.....05 HORAS

- 7.1 - Definições;
- 7.2 - Arquitetura de sistemas de controle de processos; e
- 7.3 - Princípios de design de sistemas nucleares (critérios de projeto).

3) DIRETRIZ ESPECÍFICA

Será utilizada técnica de Aula Expositiva.

4) AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Média aritmética entre duas avaliações, assim distribuídas:

- a) será realizada por meio de uma prova escrita objetiva (50% da nota), abordando as UE 1 a 5. Deverão ser destinados 3 TA da UE 5, sendo 2 TA para a realização da prova e 1 TA para comentários e vista de prova; e
- b) será realizado um Seminário (50% da nota), abordando as UE 1 a 6. Deverão ser destinados 3 TA da UE 5, sendo 2 TA para a realização do Seminário em sala de aula e 1 TA para comentários.

5) RECURSOS INSTRUCIONAIS

- a) Quadro branco; e
- b) Microcomputador com projetor multimídia.

6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Indispensável:

ISA S67.04-2000 “Set points for Nuclear Safety-Related Instrumentation Used in Nuclear Power Plants”.

Complementares:

- a) IAEA “Safety Guide NS-G-1.3 Instrumentation and Control Systems Important to Safety in NPP”, 2002.
- b) IEEE Std 603-2009 “Standard Criteria for Safety Systems for Nuclear Power Generating Stations”.
- c) IEEE 379-2000 “Single Failure Criterion to Nuclear Power Generating Station Class 1E Systems”.
- d) ISA - **Curso de Instrumentação Básica**, 2015.
- e) NUREG-0800 “Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants”.
- f) RG 1.105 “Set points for Safety-Related Instrumentation”, rev. 3.
- g) SMAR - **Manual de Treinamento**, 2007 ver 2.3.
- h) Technical Report Series nº 387 “Modern Instrumentation and Control for Nuclear Power Plants”, AIEA 1999.

Continuação do anexo E, do Of nº 10-97/2019, da DEnsM.
MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

OM: CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK	
CURSO: APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM TECNOLOGIA NUCLEAR	
CÓDIGO: ESC	CARGA HORÁRIA: 20 HORAS
DISCIPLINA: INTRODUÇÃO À ENGENHARIA DE SISTEMAS COMPLEXOS	
CRIADA EM 2019	
SUMÁRIO	

1) OBJETIVO DA DISCIPLINA

Apresentar conceitos básicos, técnicas e ferramentas de Engenharia de Sistemas Complexos, atinentes ao gerenciamento do ciclo de vida dos meios e equipamentos.

a) LISTA DE UNIDADES DE ENSINO

1 - VISÃO GERAL DA ENGENHARIA DE SISTEMAS, SISTEMAS DE SISTEMAS E SISTEMAS COMPLEXOS..... 05 HORAS

- 1.1 - Introdução;
- 1.2 - Conceitos;
- 1.3 - A Visão Interdisciplinar;
- 1.4 - Introdução à Teoria de Sistemas; e
- 1.5 - Engenharia de Sistemas e o Ciclo de Vida.

2 - CICLO DE VIDA DE UM SISTEMA 08 HORAS

- 2.1 - Introdução;
- 2.2 - Conceitos básicos;
- 2.3 - Fases do Ciclo de Vida;
- 2.4 - Apoio Logístico Integrado; e
- 2.5 - Gerenciamento do Ciclo de Vida.

3 - TÉCNICAS E FERRAMENTAS DA ENGENHARIA DE SISTEMAS 05 HORAS

- 3.1 - Introdução;
- 3.2 - Análise do Apoio Logístico Integrado;
- 3.3 - Análise Operacional;
- 3.4 - Diagrama de Contexto;
- 3.5 - Rich Pictures; e
- 3.6 - Casos de Uso.

4 - ESTUDO DE CASO 02 HORAS

3) DIRETRIZ ESPECÍFICA

A disciplina será ministrada utilizando-se a técnica de Aula Expositiva.

4) AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

A avaliação será realizada por meio de uma Prova Escrita, referente às UE 1 a 3. Deverão ser utilizados 1 TA para aplicação e 1 TA para os comentários e vista de prova.

5) RECURSOS INSTRUCIONAIS

- a) Quadro branco; e
- b) Microcomputador com projetor multimídia.

6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Indispensáveis:

- a) BRASIL. Marinha do Brasil. Diretoria-Geral do Material da Marinha. **DGMM-0130. Manual do Apoio Logístico Integrado**, 2013.
- b) SALGADO, Márcia de Fátima P., **Aplicação de Técnicas de Otimização na Engenharia de Confiabilidade**, UFMG 2008. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/BUOS-8CDG4N?show=full>> Acesso em: 22 mar. 2019.
- c) ISO. ISO/IEC/IEEE-15228:2015, **Systems and Software Engineering - System Life Cycle Processes**, 2015.
- d) BLANCHARD, Benjamin S. **Logistics Engineering & Management**. New York: Pearson/Addison-Wesley Publishing Company, 6ª Ed, 2003.

MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK	
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM TECNOLOGIA NUCLEAR	
CÓDIGO: MEP	CARGA HORÁRIA: 150 HORAS
DISCIPLINA: METODOLOGIA DE ENSINO E PESQUISA	ATUALIZADA EM 2019
SUMÁRIO	

1) OBJETIVOS DA DISCIPLINA

- a) Desenvolver projetos de pesquisa, através da clara compreensão do processo de investigação, suas bases filosóficas, técnicas e premissas metodológicas e demais características de que se deve revestir uma investigação;
- b) Exercitar as capacidades de análise e síntese;
- c) Aprimorar o seu raciocínio lógico e sistematizado, voltado para obtenção de conclusões próprias;
- d) Utilizar os métodos e técnicas de metodologia científica, na análise, relato e solução de problemas propostos pela Marinha;
- e) Enumerar os principais aspectos da metodologia da pesquisa necessários à elaboração do Trabalho de Conclusão do Curso (TCC); e
- f) Executar técnicas de exposição oral ao longo da disciplina, visando à apresentação de trabalho de fim de curso, projetos e seminários.

2) LISTA DE UNIDADES DE ENSINO

- 1 - NATUREZA DA PESQUISA.....06 HORAS**
- 1.1 - A pesquisa como prática acadêmica;
 - 1.2 - Distinção entre pesquisa e ciência;
 - 1.3 - O método científico; e
 - 1.4 - Distinção entre ensaio, monografia, dissertação e tese.
- 2 - PLANEJAMENTO E REALIZAÇÃO DA PESQUISA.....07 HORAS**
- 2.1 - Considerações básicas;
 - 2.2 - Etapas de um processo de pesquisa; e
 - 2.3 - Elaboração de um projeto de pesquisa.
- 3 - NORMATIZAÇÃO DO TRABALHO CIENTÍFICO.....12 HORAS**
- 3.1 - Formatação do TCC;
 - 3.2 - Normatização segundo normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT);
 - 3.3 - Característica da linguagem científica;
 - 3.4 - Uso de ilustrações, siglas, abreviaturas, números, símbolos e fórmulas;
 - 3.5 - Orientação para o uso de citações; e
 - 3.6 - Notas de rodapé.
- 4 - COMPOSIÇÃO DE RELATÓRIO TÉCNICO CIENTÍFICO.....04 HORAS**
- 4.1 - Partes pré-textuais ou preliminares;
 - 4.2 - Partes nucleares; e
 - 4.3 - Partes pós textuais ou pós liminares.
- 5 - ESTRUTURA DO TRABALHO INDIVIDUAL.....04 HORAS**
- 5.1 - Apresentação e montagem da Matriz Analítica.

6 - INTRODUÇÃO À ANÁLISE QUALITATIVA.....	08 HORAS
6.1 - Abordagem da Análise Qualitativa (AQ);	
6.2 - Problemas possíveis na AQ; e	
6.3 - Análise qualitativa (análise de discurso, Estudo de Caso).	
7 - SEMINÁRIOS DE PESQUISA.....	10 HORAS
8 - ORIENTAÇÃO DOS OFICIAIS -ALUNOS.....	30 HORAS
9 - ELABORAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.....	70 HORAS

3) DIRETRIZ ESPECÍFICA

- a) As aulas serão ministradas por meio das técnicas de ensino de Aula Expositiva, Aula Prática, Estudo Dirigido e Estudo de Caso;
- b) A UE 7 será conduzida por meio de seminários orientados por pesquisadores de reconhecida competência, visando a propiciar maior familiaridade com a leitura e identificação das etapas de elaboração de um trabalho acadêmico;
- c) A matriz analítica (projeto de pesquisa) será elaborada durante o desenvolvimento da disciplina;
- d) A disciplina será desenvolvida por meio de elaboração de trabalho individual de pesquisa, na forma de monografia, sob a orientação de conteúdo de um Oficial e/ou professor, com curso de pós-graduação, preferencialmente mestrado ou doutorado, designado orientador;
- e) Os temas serão propostos ou aprovados pelas OMOT (Organizações Militares Orientadoras Técnicas), sendo que, para cada tema, haverá um Oficial designado orientador ou coorientador, daquela Diretoria ou de outra onde será realizada a pesquisa; e
- f) Durante o período da pesquisa, o docente estará disponível em horários pré-determinados, a fim de orientar os OA quanto à adequação da metodologia.

4) AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Será realizada por meio da média ponderada entre o resultado de duas avaliações:

- a) uma prova escrita, referente às UE 1 a 6, com duração de 1 TA e 1 TA para os comentários e vista de prova, computado na UE 6; com peso 1; e
- b) elaboração do TCC, considerando três aspectos: análise do conteúdo, correção do texto e da formalização/Normas da ABNT; com peso 4.

5) RECURSOS INSTRUCIONAIS

- a) Quadro branco; e
- b) Microcomputador com projetor multimídia.

6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Além da bibliografia específica de cada tema estudado, são recomendadas as seguintes referências:

Indispensável:

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de A. **Metodologia do Trabalho Científico**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2001.

Complementares:

- a) BOOTH, Wayne C; COLOMBO, Gregory G; WILLIAMS, Joseph M. **A arte da pesquisa**. 2ª ed. São Paulo: Editora Martins Fontes, 2005.
- b) FRANÇA, Lunial Lessa; VASCONCELLOS, Ana Cristina de. **Manual para normatização de publicações técnico-científicas**. 8ª ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007. 255 p.

Continuação do anexo E, do Of nº 10-97/2019, da DEnsM.

- c) GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- d) MARCONI, Marina de A. **Metodologia do Trabalho Científico**. 7ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- e) Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6023: informação e documentação - referências**. Rio de Janeiro, 2002.

MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

OM: CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK	
CURSO: APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM TECNOLOGIA NUCLEAR	
CÓDIGO: ETS	CARGA HORÁRIA: 160 HORAS
DISCIPLINA: ESTÁGIO SUPERVISIONADO	
ATUALIZADO EM 2019	
SUMÁRIO	

1) OBJETIVOS DO ESTÁGIO

Aplicar os conhecimentos adquiridos no C-ApA-TN, complementando sua formação técnica no Programa Nuclear da Marinha, coordenado pela Diretoria de Desenvolvimento Nuclear da Marinha, em São Paulo-SP.

2) DURAÇÃO

CORPO/QUADRO	DURAÇÃO
Corpo da Armada	04 (quatro) semanas
Quadro Complementar de Oficiais da Armada (QC-CA)	04 (quatro) semanas

3) LOCAL

Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP), coordenado pela Diretoria do Desenvolvimento Nuclear da Marinha (DDNM), contemplando visitas no Centro Industrial de Aramar (CINA) e Complexo Técnico da Universidade São Paulo (DDNM).

4) DESENVOLVIMENTO

Para o perfeito desenvolvimento do Estágio, o OA deverá desempenhar tarefas visando a consolidação dos conhecimentos adquiridos no Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Tecnologia Nuclear, realizado no CIAW. Nesta oportunidade, a Organização Militar condutora do estágio (DDNM) dará orientações de caráter prático, programando as atividades que o aluno deverá vivenciar.

5) AVALIAÇÃO

- a) Deverá ser designada, por portaria do Titular da DDNM, uma Comissão de Avaliação, composta por Oficiais ou Civis Assemelhados dos setores onde os estagiários irão desenvolver suas atividades, para atribuir, a cada candidato, uma avaliação final;
- b) O avaliador elaborará o **Relatório Individual de Avaliação do Estágio Supervisionado** de cada estagiário, constante do Anexo A, para o Diretor da DDNM, que emitirá um parecer favorável ou desfavorável com relação ao Estagiário;
- c) Durante o Estágio, o OA também terá acompanhamento do seu orientador de TCC, indicado pela DDNM, que será seu Oficial Supervisor. O orientador deverá elaborar um parecer individual abordando aspectos de interesse, capacidade técnica baseado na elaboração do TCC e acompanhamento de atividades predeterminadas pelo oficial orientador.
- d) As avaliações deverão ser consubstanciadas na **Folha de Avaliação do Estágio Supervisionado**, pelo Oficial responsável pela avaliação dos candidatos ou Presidente da Comissão de Avaliação, ratificadas pelo Titular da Organização Militar constante do Anexo B.

As tarefas/atividades programadas pela DDNM e realizadas durante o EST servirão como orientação para a avaliação acima.

- e) A Organização Militar responsável pelo Estágio dará orientações para a condução desta avaliação, observando o desempenho profissional e os atributos morais dos candidatos; e
- f) As avaliações recebidas dos setores da OM e/ou de outras OM serão empregadas como subsídio para a atribuição do conceito, pela Comissão de Avaliação, considerando que a média igual ou superior a 6,0 (seis) corresponde ao conceito SATISFATÓRIO; e
- g) Ao final do Estágio, o **Relatório Individual de Avaliação do Estágio Supervisionado** e a **Folha de Avaliação do Estágio Supervisionado**, devidamente preenchidos, devem ser encaminhados para o CIAW.

**MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA**

RELATÓRIO INDIVIDUAL DE AVALIAÇÃO DO ESTÁGIO SUPERVISIONADO

--

Presidente da Comissão de Avaliação

APROVO

Titular da OM

FOLHA DE AVALIAÇÃO DO ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Período: ____/____/____ a ____/____/____

[illegible]

Em _____ de _____ de _____.

Presidente da Comissão de Avaliação

Continuação do anexo E, do Of nº 10-97/2019, da DEnsM.
MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

OM:CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK	
CURSO: APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM TECNOLOGIA NUCLEAR	
CÓDIGO: TFM	CARGA HORÁRIA: 70 HORAS
DISCIPLINA: TREINAMENTO FÍSICO MILITAR	ATUALIZADO EM 2019
SUMÁRIO	

1) OBJETIVO DA DISCIPLINA

Demonstrar um grau de condicionamento físico necessário à manutenção da saúde, ao desempenho profissional e à funcionalidade em combate.

2) LISTA DE UNIDADES DE ENSINO

1 - CORRIDA 28 HORAS

- 1.1 - Alongamento e flexibilidade específicos para a corrida;
- 1.2 - Parâmetros de treinamento para que se torne um estímulo adaptativo;
- 1.3 - Qualidades físicas divididas fisiologicamente e pedagogicamente;
- 1.4 - Prática de corrida; e
- 1.5 - Prática de Caminhada para militares que apresentem restrições de saúde.

2 - NATAÇÃO 28 HORAS

- 2.1 - Alongamento e flexibilidade específicos para a natação;
- 2.2 - Aperfeiçoamento de estilo oficial de natação;
- 2.3 - Técnicas de aprendizagem em flutuação; e
- 2.4 - Prática de Natação.

3 - GINÁSTICA LOCALIZADA 14 HORAS

- 3.1 - Alongamento e flexibilidade de efeito geral a todas as articulações;
- 3.2 - Exercícios Isométricos e isotônicos localizados, desenvolvendo todos os grupos musculares;
- 3.3 - Desenvolvimento de valências físicas atribuídas ao trabalho estático com peso corporal; e
- 3.4 - Montagem individualizada de sessões de treinamento.

3) DIRETRIZES ESPECÍFICAS

- a) Será aplicado, na primeira semana do curso, teste inicial (PRÉ-TAF) que verificará o grau de condicionamento físico dos OA, sendo mensurado através dos testes de corrida de 2.400 metros, natação (50 metros) e permanência dentro d'água;
- b) Ao longo do curso serão realizadas avaliações parciais, para verificar o desempenho dos OA;
- c) A disciplina será conduzida com 3 (três) aulas semanais, no mínimo, para que os padrões de desempenho sejam, naturalmente, alcançados;
- d) As aulas serão ministradas utilizando-se as Técnicas de Ensino Demonstração Prática e Aula Prática; e
- e) As UE serão ministradas simultaneamente.

4) AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

- a) Ao final da disciplina, serão aplicadas três provas práticas, a saber:
NATAÇÃO:

I - consiste em nadar 50 metros ininterruptamente, em um único estilo oficial (crawl, peito, costas ou borboleta), sem o uso de implementos que auxiliem a flutuação e a propulsão. Não há exigência de estilo, porém, não é permitida a prática denominada de “cachorrinho”;

II - a partida pode ser realizada a partir da borda, do bloco de partida ou de impulso na parede da piscina;

III - só é permitida uma chance, que será considerada para a nota final na prova;

IV - após o início do teste, não é permitido tocar o chão ou a borda da piscina, ou parar por qualquer motivo. Caso aconteça, o aluno deverá realizar uma prova de recuperação. Neste caso, sua nota será 0 (zero), nota esta que será utilizada para a soma da média na disciplina. Ainda assim, o aluno poderá ser considerado aprovado, desde que atinja a nota 6,0 (seis) em sua prova de recuperação;

V - caso o aluno não complete o percurso do teste (50 metros) dentro do tempo limite estabelecido, atingindo nota inferior à mínima (6,0), a nota atingida será utilizada para a soma da média na disciplina e para efeito de classificação no curso. No entanto, para que seja aprovado na disciplina TFM, o aluno deverá realizar uma prova de recuperação, tendo que atingir, no mínimo, a nota 6,0 (seis) nesta prova; e

VI - a conversão em grau dar-se-á de acordo com a Tabela 1.

CORRIDA:

I - consiste em correr 2.400 metros no menor tempo possível;

II - durante a prova não é permitida a utilização de nenhum recurso externo (garrafas de água, fones de ouvido ou auxílio de outro militar). Caso aconteça, o aluno deverá realizar uma prova de recuperação;

III - não é permitido caminhar durante a prova de corrida. Caso aconteça, o aluno deverá realizar a prova de recuperação;

IV - só é permitida uma chance para a realização do teste, que será considerada para a nota final na prova;

V - caso o aluno não complete o percurso do teste (2.400 metros) dentro do tempo limite estabelecido para cada idade/sexo, não alcançando a nota mínima (6,0), a nota atingida será utilizada para a soma da média na disciplina e para efeito de classificação no curso. No entanto, para que seja aprovado na disciplina TFM, o aluno deverá realizar a prova de recuperação, tendo que atingir, no mínimo, a nota 6,0 (seis) nesta prova; e

VI - a conversão em grau dar-se-á de acordo com a Tabela 2.

PERMANÊNCIA DENTRO D'ÁGUA:

I - consiste em flutuar por 10 minutos, sem o uso de implementos que auxiliem a flutuação. A realização desta prova independe do resultado obtido na prova de natação;

II - não é permitido boiar em decúbito ventral, mergulhar, nadar, utilizar auxílio de outro militar ou tocar com o pé no chão ou na borda durante o período da prova. Caso aconteça, o aluno deverá realizar a prova de recuperação;

III - caso o aluno não consiga permanecer pelo tempo mínimo (10 minutos), deverá realizar a prova de recuperação; e

IV - o resultado será expresso como APTO ou INAPTO. Esta prova não conta nota para a média na disciplina. Entretanto, caso o aluno não consiga completar a prova ou a recuperação, será reprovado na disciplina TFM.

b) A média da disciplina será calculada com base na seguinte fórmula:

$$M = \frac{(N + C)}{2}$$

Onde:

M = Média da disciplina

N = Grau obtido na prova de Natação

C = Grau obtido na prova de Corrida

- c) Os alunos que após terem sido matriculados no curso apresentarem alguma restrição comprovada que os impossibilite a prática de TFM, bem como de realizarem as provas práticas, serão avaliados por uma comissão constituída pelo Comandante do CIAW, Superintendente de Ensino, Comandante do Corpo de Alunos, Coordenador do Curso e pelo Chefe do Departamento de Educação Física. Para efeito de classificação, os alunos na situação prevista neste item que tiverem parecer favorável desta comissão para concluir o curso, obterão a nota final seis (6,0) na disciplina TFM, desde que tenham superado a nota mínima no teste inicial (6,0);
- d) Os OA que apresentarem alguma restrição médica comprovada que os impossibilite a prática de corrida, poderão fazer o teste de caminhada, desde que apresentem laudo e atestado ao Chefe do Departamento de Educação Física, confirmando a possibilidade apenas para caminhada;
- e) Tabelas de conversão:
 - I - Natação (Tabela 1);
 - II - Corrida de 2.400 metros (Tabela 2); e
 - III - Caminhada de 4.800 metros para os impossibilitados de realizar a corrida por motivo de saúde (Tabela 3).
- f) O OA terá direito a uma prova de recuperação em natação, corrida e/ou permanência, caso incida em uma das seguintes circunstâncias:
 - I - incidir em uma das situações descritas no item a) supracitado;
 - II - não completar a prova de qualquer modalidade ou de ambas; e
 - III - obtiver grau inferior a 6,0 (seis) em uma ou nas duas modalidades.
- g) Com relação à frequência nas aulas, a disciplina TFM segue o disposto neste currículo para as demais disciplinas;
- h) O tempo transcorrido após a realização da prova TAF, para que seja aplicada a recuperação, será de até 10 (dez) dias corridos; e
- i) Observações:
 - I - para efeito de classificação no curso, será considerada a primeira nota obtida na prova do TAF; e
 - II - a nota da recuperação servirá apenas para critério de aprovação, não sendo considerada no cômputo da média na disciplina.

5) RECURSOS INSTRUCIONAIS

- a) Equipamento real;
- b) Piscina; e
- c) Pista de corrida.

6) REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Indispensável:

BRASIL. Marinha do Brasil. Comando-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais. **CGCFN - 15. Normas sobre Treinamento Físico Militar e Testes de Avaliação Física na Marinha do Brasil**. Rio de Janeiro, 2018.

Tabela 1: NATAÇÃO (50 METROS) - MASCULINO

IDADE 18 a 30 anos				IDADE 31 a 40 anos				IDADE 41 a 49 anos			
NT	TEMPO	NT	TEMPO	NT	TEMPO	NT	TEMPO	NT	TEMPO	NT	TEMPO
10,0	40"	4,9	1' 31"	10,0	45"	4,9	1' 36"	10,0	50"	4,9	1' 41"
9,9	41"	4,8	1' 32"	9,9	46"	4,8	1' 37"	9,9	51"	4,8	1' 42"
9,8	42"	4,7	1' 33"	9,8	47"	4,7	1' 38"	9,8	52"	4,7	1' 43"
9,7	43"	4,6	1' 34"	9,7	48"	4,6	1' 39"	9,7	53"	4,6	1' 44"
9,6	44"	4,5	1' 35"	9,6	49"	4,5	1' 40"	9,6	54"	4,5	1' 45"
9,5	45"	4,4	1' 36"	9,5	50"	4,4	1' 41"	9,5	55"	4,4	1' 46"
9,4	46"	4,3	1' 37"	9,4	51"	4,3	1' 42"	9,4	56"	4,3	1' 47"
9,3	47"	4,2	1' 38"	9,3	52"	4,2	1' 43"	9,3	57"	4,2	1' 48"
9,2	48"	4,1	1' 39"	9,2	53"	4,1	1' 44"	9,2	58"	4,1	1' 49"
9,1	49"	4,0	1' 40"	9,1	54"	4,0	1' 45"	9,1	59"	4,0	1' 50"
9,0	50"	3,9	1' 41"	9,0	55"	3,9	1' 46"	9,0	1' 00"	3,9	1' 51"
8,9	51"	3,8	1' 42"	8,9	56"	3,8	1' 47"	8,9	1' 01"	3,8	1' 52"
8,8	52"	3,7	1' 43"	8,8	57"	3,7	1' 48"	8,8	1' 02"	3,7	1' 53"
8,7	53"	3,6	1' 44"	8,7	58"	3,6	1' 49"	8,7	1' 03"	3,6	1' 54"
8,6	54"	3,5	1' 45"	8,6	59"	3,5	1' 50"	8,6	1' 04"	3,5	1' 55"
8,5	55"	3,4	1' 46"	8,5	1' 00"	3,4	1' 51"	8,5	1' 05"	3,4	1' 56"
8,4	56"	3,3	1' 47"	8,4	1' 01"	3,3	1' 52"	8,4	1' 06"	3,3	1' 57"
8,3	57"	3,2	1' 48"	8,3	1' 02"	3,2	1' 53"	8,3	1' 07"	3,2	1' 58"
8,2	58"	3,1	1' 49"	8,2	1' 03"	3,1	1' 54"	8,2	1' 08"	3,1	1' 59"
8,1	59"	3,0	1' 50"	8,1	1' 04"	3,0	1' 55"	8,1	1' 09"	3,0	2' 00"
8,0	1' 00"	2,9	1' 51"	8,0	1' 05"	2,9	1' 56"	8,0	1' 10"	2,9	2' 01"
7,9	1' 01"	2,8	1' 52"	7,9	1' 06"	2,8	1' 57"	7,9	1' 11"	2,8	2' 02"
7,8	1' 02"	2,7	1' 53"	7,8	1' 07"	2,7	1' 58"	7,8	1' 12"	2,7	2' 03"
7,7	1' 03"	2,6	1' 54"	7,7	1' 08"	2,6	1' 59"	7,7	1' 13"	2,6	2' 04"
7,6	1' 04"	2,5	1' 55"	7,6	1' 09"	2,5	2' 00"	7,6	1' 14"	2,5	2' 05"
7,5	1' 05"	2,4	1' 56"	7,5	1' 10"	2,4	2' 01"	7,5	1' 15"	2,4	2' 06"
7,4	1' 06"	2,3	1' 57"	7,4	1' 11"	2,3	2' 02"	7,4	1' 16"	2,3	2' 07"
7,3	1' 07"	2,2	1' 58"	7,3	1' 12"	2,2	2' 03"	7,3	1' 17"	2,2	2' 08"
7,2	1' 08"	2,1	1' 59"	7,2	1' 13"	2,1	2' 04"	7,2	1' 18"	2,1	2' 09"
7,1	1' 09"	2,0	2' 00"	7,1	1' 14"	2,0	2' 05"	7,1	1' 19"	2,0	2' 10"
7,0	1' 10"	1,9	2' 01"	7,0	1' 15"	1,9	2' 06"	7,0	1' 20"	1,9	2' 11"
6,9	1' 11"	1,8	2' 02"	6,9	1' 16"	1,8	2' 07"	6,9	1' 21"	1,8	2' 12"
6,8	1' 12"	1,7	2' 03"	6,8	1' 17"	1,7	2' 08"	6,8	1' 22"	1,7	2' 13"
6,7	1' 13"	1,6	2' 04"	6,7	1' 18"	1,6	2' 09"	6,7	1' 23"	1,6	2' 14"
6,6	1' 14"	1,5	2' 05"	6,6	1' 19"	1,5	2' 10"	6,6	1' 24"	1,5	2' 15"
6,5	1' 15"	1,4	2' 06"	6,5	1' 20"	1,4	2' 11"	6,5	1' 25"	1,4	2' 16"
6,4	1' 16"	1,3	2' 07"	6,4	1' 21"	1,3	2' 12"	6,4	1' 26"	1,3	2' 17"
6,3	1' 17"	1,2	2' 08"	6,3	1' 22"	1,2	2' 13"	6,3	1' 27"	1,2	2' 18"
6,2	1' 18"	1,1	2' 09"	6,2	1' 23"	1,1	2' 14"	6,2	1' 28"	1,1	2' 19"
6,1	1' 19"	1,0	2' 10"	6,1	1' 24"	1,0	2' 15"	6,1	1' 29"	1,0	2' 20"
6,0	1' 20"	0,9	2' 11"	6,0	1' 25"	0,9	2' 16"	6,0	1' 30"	0,9	2' 21"
5,9	1' 21"	0,8	2' 12"	5,9	1' 26"	0,8	2' 17"	5,9	1' 31"	0,8	2' 22"
5,8	1' 22"	0,7	2' 13"	5,8	1' 27"	0,7	2' 18"	5,8	1' 32"	0,7	2' 23"
5,7	1' 23"	0,6	2' 14"	5,7	1' 28"	0,6	2' 19"	5,7	1' 33"	0,6	2' 24"
5,6	1' 24"	0,5	2' 15"	5,6	1' 29"	0,5	2' 20"	5,6	1' 34"	0,5	2' 25"
5,5	1' 25"	0,4	2' 16"	5,5	1' 30"	0,4	2' 21"	5,5	1' 35"	0,4	2' 26"
5,4	1' 26"	0,3	2' 17"	5,4	1' 31"	0,3	2' 22"	5,4	1' 36"	0,3	2' 27"
5,3	1' 27"	0,2	2' 18"	5,3	1' 32"	0,2	2' 23"	5,3	1' 37"	0,2	2' 28"
5,2	1' 28"	0,1	2' 19"	5,2	1' 33"	0,1	2' 24"	5,2	1' 38"	0,1	2' 29"
5,1	1' 29"	0,0	2' 20"	5,1	1' 34"	0,0	2' 25"	5,1	1' 39"	0,0	2' 30"
5,0	1' 30"			5,0	1' 35"			5,0	1' 40"		

OBS.: VALORES EM MINUTOS E SEGUNDOS.

Tabela 2: CORRIDA DE 2.400 METROS - MASCULINO

IDADE 18 a 25 anos				IDADE 26 a 33 anos				IDADE 34 a 39 anos				IDADE 40 a 45 anos			
NT	TEMPO	NT	TEMPO	NT	TEMPO	NT	TEMPO	NT	TEMPO	NT	TEMPO	NT	TEMPO	NT	TEMPO
10,0	09' 36''	4,9	14' 36''	10,0	10' 00''	4,9	15' 06''	10,0	10' 48''	4,9	15' 36''	10,0	11' 36''	4,9	16' 30''
9,9	09' 40''	4,8	14' 42''	9,9	10' 04''	4,8	15' 12''	9,9	10' 53''	4,8	15' 42''	9,9	11' 41''	4,8	16' 36''
9,8	09' 44''	4,7	14' 48''	9,8	10' 08''	4,7	15' 18''	9,8	10' 58''	4,7	15' 48''	9,8	11' 46''	4,7	16' 42''
9,7	09' 48''	4,6	14' 54''	9,7	10' 12''	4,6	15' 24''	9,7	11' 03''	4,6	15' 54''	9,7	11' 51''	4,6	16' 48''
9,6	09' 52''	4,5	15' 00''	9,6	10' 16''	4,5	15' 30''	9,6	11' 08''	4,5	16' 00''	9,6	11' 56''	4,5	16' 54''
9,5	09' 56''	4,4	15' 06''	9,5	10' 20''	4,4	15' 36''	9,5	11' 13''	4,4	16' 06''	9,5	12' 01''	4,4	17' 00''
9,4	10' 10''	4,3	15' 12''	9,4	10' 24''	4,3	15' 42''	9,4	11' 18''	4,3	16' 12''	9,4	12' 06''	4,3	17' 06''
9,3	10' 03''	4,2	15' 18''	9,3	10' 28''	4,2	15' 48''	9,3	11' 23''	4,2	16' 18''	9,3	12' 11''	4,2	17' 12''
9,2	10' 06''	4,1	15' 24''	9,2	10' 32''	4,1	15' 54''	9,2	11' 28''	4,1	16' 24''	9,2	12' 16''	4,1	17' 18''
9,1	10' 09''	4,0	15' 30''	9,1	10' 35''	4,0	16' 00''	9,1	11' 33''	4,0	16' 30''	9,1	12' 21''	4,0	17' 24''
9,0	10' 12''	3,9	15' 36''	9,0	10' 36''	3,9	16' 06''	9,0	11' 36''	3,9	16' 36''	9,0	12' 24''	3,9	17' 30''
8,9	10' 19''	3,8	15' 42''	8,9	10' 43''	3,8	16' 12''	8,9	11' 41''	3,8	16' 42''	8,9	12' 28''	3,8	17' 36''
8,8	10' 26''	3,7	15' 48''	8,8	10' 50''	3,7	16' 18''	8,8	11' 46''	3,7	16' 48''	8,8	12' 32''	3,7	17' 42''
8,7	10' 33''	3,6	15' 54''	8,7	10' 57''	3,6	16' 24''	8,7	11' 51''	3,6	16' 54''	8,7	12' 36''	3,6	17' 48''
8,6	10' 40''	3,5	16' 00''	8,6	11' 00''	3,5	16' 30''	8,6	11' 56''	3,5	17' 00''	8,6	12' 40''	3,5	17' 54''
8,5	10' 47''	3,4	16' 06''	8,5	11' 07''	3,4	16' 36''	8,5	12' 01''	3,4	17' 06''	8,5	12' 44''	3,4	18' 00''
8,4	10' 54''	3,3	16' 12''	8,4	11' 14''	3,3	16' 42''	8,4	12' 06''	3,3	17' 12''	8,4	12' 47''	3,3	18' 06''
8,3	11' 00''	3,2	16' 16''	8,3	11' 21''	3,2	16' 48''	8,3	12' 11''	3,2	17' 18''	8,3	12' 51''	3,2	18' 12''
8,2	11' 06''	3,1	16' 24''	8,2	11' 28''	3,1	16' 54''	8,2	12' 16''	3,1	17' 24''	8,2	12' 54''	3,1	18' 18''
8,1	11' 12''	3,0	16' 30''	8,1	11' 35''	3,0	17' 00''	8,1	12' 20''	3,0	17' 30''	8,1	12' 57''	3,0	18' 24''
8,0	11' 18''	2,9	16' 36''	8,0	11' 42''	2,9	17' 06''	8,0	12' 24''	2,9	17' 36''	8,0	13' 00''	2,9	18' 30''
7,9	11' 24''	2,8	16' 42''	7,9	11' 48''	2,8	17' 12''	7,9	12' 30''	2,8	17' 42''	7,9	13' 08''	2,8	18' 36''
7,8	11' 30''	2,7	16' 48''	7,8	11' 54''	2,7	17' 18''	7,8	12' 36''	2,7	17' 48''	7,8	13' 16''	2,7	18' 42''
7,7	11' 36''	2,6	16' 54''	7,7	12' 00''	2,6	17' 24''	7,7	12' 42''	2,6	17' 54''	7,7	13' 24''	2,6	18' 48''
7,6	11' 42''	2,5	17' 00''	7,6	12' 06''	2,5	17' 30''	7,6	12' 48''	2,5	18' 00''	7,6	13' 32''	2,5	18' 54''
7,5	11' 48''	2,4	17' 06''	7,5	12' 12''	2,4	17' 36''	7,5	12' 54''	2,4	18' 06''	7,5	13' 40''	2,4	19' 00''
7,4	11' 54''	2,3	17' 12''	7,4	12' 18''	2,3	17' 42''	7,4	13' 00''	2,3	18' 12''	7,4	13' 48''	2,3	19' 06''
7,3	12' 00''	2,2	17' 16''	7,3	12' 24''	2,2	17' 48''	7,3	13' 06''	2,2	18' 18''	7,3	13' 56''	2,2	19' 12''
7,2	12' 06''	2,1	17' 24''	7,2	12' 30''	2,1	17' 54''	7,2	13' 12''	2,1	18' 24''	7,2	14' 04''	2,1	19' 18''
7,1	12' 12''	2,0	17' 30''	7,1	12' 36''	2,0	18' 00''	7,1	13' 18''	2,0	18' 30''	7,1	14' 11''	2,0	19' 24''
7,0	12' 18''	1,9	17' 36''	7,0	12' 42''	1,9	18' 06''	7,0	13' 24''	1,9	18' 36''	7,0	14' 18''	1,9	19' 30''
6,9	12' 25''	1,8	17' 42''	6,9	12' 50''	1,8	18' 12''	6,9	13' 30''	1,8	18' 42''	6,9	14' 26''	1,8	19' 36''
6,8	12' 32''	1,7	17' 48''	6,8	12' 58''	1,7	18' 18''	6,8	13' 37''	1,7	18' 48''	6,8	14' 34''	1,7	19' 42''
6,7	12' 39''	1,6	17' 54''	6,7	13' 06''	1,6	18' 24''	6,7	13' 44''	1,6	18' 54''	6,7	14' 42''	1,6	19' 48''
6,6	12' 46''	1,5	18' 00''	6,6	13' 14''	1,5	18' 30''	6,6	13' 51''	1,5	19' 00''	6,6	14' 50''	1,5	19' 54''
6,5	12' 53''	1,4	18' 06''	6,5	13' 22''	1,4	18' 36''	6,5	13' 58''	1,4	19' 06''	6,5	14' 58''	1,4	20' 00''
6,4	13' 00''	1,3	18' 12''	6,4	13' 40''	1,3	18' 42''	6,4	14' 05''	1,3	19' 12''	6,4	15' 06''	1,3	20' 06''
6,3	13' 07''	1,2	18' 16''	6,3	13' 48''	1,2	18' 48''	6,3	14' 12''	1,2	19' 18''	6,3	15' 14''	1,2	20' 12''
6,2	13' 14''	1,1	18' 24''	6,2	13' 56''	1,1	18' 54''	6,2	14' 18''	1,1	19' 24''	6,2	15' 22''	1,1	20' 18''
6,1	13' 22''	1,0	18' 30''	6,1	13' 03''	1,0	19' 00''	6,1	14' 24''	1,0	19' 30''	6,1	15' 29''	1,0	20' 24''
6,0	13' 30''	0,9	18' 36''	6,0	14' 00''	0,9	19' 06''	6,0	14' 30''	0,9	19' 36''	6,0	15' 36''	0,9	20' 30''
5,9	13' 36''	0,8	18' 42''	5,9	14' 06''	0,8	19' 12''	5,9	14' 36''	0,8	19' 42''	5,9	15' 41''	0,8	20' 36''
5,8	13' 42''	0,7	18' 48''	5,8	14' 12''	0,7	19' 18''	5,8	14' 42''	0,7	19' 48''	5,8	15' 46''	0,7	20' 42''
5,7	13' 48''	0,6	18' 54''	5,7	14' 18''	0,6	19' 24''	5,7	14' 48''	0,6	19' 54''	5,7	15' 51''	0,6	20' 54''
5,6	13' 54''	0,5	19' 00''	5,6	14' 24''	0,5	19' 30''	5,6	14' 54''	0,5	20' 00''	5,6	15' 56''	0,5	21' 00''
5,5	14' 00''	0,4	19' 06''	5,5	14' 30''	0,4	19' 36''	5,5	15' 00''	0,4	20' 06''	5,5	16' 01''	0,4	22' 06''
5,4	14' 06''	0,3	19' 12''	5,4	14' 36''	0,3	19' 42''	5,4	15' 06''	0,3	20' 12''	5,4	16' 06''	0,3	22' 12''
5,3	14' 12''	0,2	19' 16''	5,3	14' 42''	0,2	19' 48''	5,3	15' 12''	0,2	20' 18''	5,3	16' 11''	0,2	22' 18''
5,2	14' 18''	0,1	19' 24''	5,2	14' 48''	0,1	19' 54''	5,2	15' 18''	0,1	20' 24''	5,2	16' 16''	0,1	18' 24''
5,1	14' 24''	0,0	19' 30''	5,1	14' 54''	0,0	20' 00''	5,1	15' 24''	0,0	20' 30''	5,1	16' 20''	0,0	18' 30''
5,0	14' 30''			5,0	15' 00''			5,0	15' 30''			5,0	16' 24''		

OBS.: VALORES EM MINUTOS E SEGUNDOS.

Tabela 3: CAMINHADA DE 4.800 METROS MASCULINO (PARA OS IMPOSSIBILITADOS DE REALIZAR A CORRIDA, POR MOTIVO DE SAÚDE)

IDADE 18 a 25 anos		IDADE 26 a 33 anos		IDADE 34 a 39 anos		IDADE 40 a 45 anos	
NT	TEMPO	NT	TEMPO	NT	TEMPO	NT	TEMPO
6,0	46'	6,0	47'	6,0	48'	6,0	51'
5,9	46' 12"	5,9	47' 12"	5,9	48' 18"	5,9	51' 18"
5,8	46' 24"	5,8	47' 24"	5,8	48' 36"	5,8	51' 36"
5,7	46' 36"	5,7	47' 36"	5,7	48' 54"	5,7	51' 54"
5,6	46' 48"	5,6	47' 48"	5,6	49' 12"	5,6	52' 12"
5,5	47'	5,5	48'	5,5	49' 30"	5,5	52' 30"
5,4	47' 12"	5,4	48' 12"	5,4	50' 48"	5,4	52' 48"
5,3	47' 24"	5,3	48' 24"	5,3	50' 06"	5,3	53' 06"
5,2	47' 36"	5,2	48' 36"	5,2	50' 24"	5,2	53' 24"
5,1	47' 48"	5,1	48' 48"	5,1	50' 42"	5,1	53' 42"
5,0	48'	5,0	49'	5,0	51'	5,0	54'
4,9	48' 12"	4,9	49' 12"	4,9	51' 12"	4,9	54' 12"
4,8	48' 24"	4,8	49' 24"	4,8	51' 24"	4,8	54' 24"
4,7	48' 36"	4,7	49' 36"	4,7	51' 36"	4,7	54' 36"
4,6	48' 48"	4,6	49' 48"	4,6	51' 48"	4,6	54' 48"
4,5	49'	4,5	50'	4,5	52'	4,5	55'
4,4	49' 12"	4,4	50' 12"	4,4	52' 12"	4,4	55' 12"
4,3	49' 24"	4,3	50' 24"	4,3	52' 24"	4,3	55' 24"
4,2	49' 36"	4,2	50' 36"	4,2	52' 36"	4,2	55' 36"
4,1	49' 48"	4,1	50' 48"	4,1	52' 48"	4,1	55' 48"
4,0	50'	4,0	51'	4,0	53'	4,0	56'
3,9	50' 12"	3,9	51' 12"	3,9	53' 12"	3,9	56' 12"
3,8	50' 24"	3,8	51' 24"	3,8	53' 24"	3,8	56' 24"
3,7	50' 36"	3,7	51' 36"	3,7	53' 36"	3,7	56' 36"
3,6	50' 48"	3,6	51' 48"	3,6	53' 48"	3,6	56' 48"
3,5	51'	3,5	52'	3,5	54'	3,5	57'
3,4	51' 12"	3,4	52' 12"	3,4	54' 12"	3,4	57' 12"
3,3	51' 24"	3,3	52' 24"	3,3	54' 24"	3,3	57' 24"
3,2	51' 36"	3,2	52' 36"	3,2	54' 36"	3,2	57' 36"
3,1	51' 48"	3,1	52' 48"	3,1	54' 48"	3,1	57' 48"
3,0	52'	3,0	53'	3,0	55'	3,0	58'
2,9	52' 12"	2,9	53' 12"	2,9	55' 12"	2,9	58' 12"
2,8	52' 24"	2,8	53' 24"	2,8	55' 24"	2,8	58' 24"
2,7	52' 36"	2,7	53' 36"	2,7	55' 36"	2,7	58' 36"
2,6	52' 48"	2,6	53' 48"	2,6	55' 48"	2,6	58' 48"
2,5	53'	2,5	54'	2,5	56'	2,5	59'
2,4	53' 12"	2,4	54' 12"	2,4	56' 12"	2,4	59' 12"
2,3	53' 24"	2,3	54' 24"	2,3	56' 24"	2,3	59' 24"
2,2	53' 36"	2,2	54' 36"	2,2	56' 36"	2,2	59' 36"
2,1	53' 48"	2,1	54' 48"	2,1	56' 48"	2,1	59' 48"
2,0	54'	2,0	55'	2,0	57'	2,0	60'
1,9	54' 12"	1,9	55' 12"	1,9	57' 12"	1,9	60' 12"
1,8	54' 24"	1,8	55' 24"	1,8	57' 24"	1,8	60' 24"
1,7	54' 36"	1,7	55' 36"	1,7	57' 36"	1,7	60' 36"
1,6	54' 48"	1,6	55' 48"	1,6	57' 48"	1,6	60' 48"
1,5	55'	1,5	56'	1,5	58'	1,5	61'
1,4	55' 12"	1,4	56' 12"	1,4	58' 12"	1,4	61' 12"
1,3	55' 24"	1,3	56' 24"	1,3	58' 24"	1,3	61' 24"
1,2	55' 36"	1,2	56' 36"	1,2	58' 36"	1,2	61' 36"
1,1	55' 48"	1,1	56' 48"	1,1	58' 48"	1,1	61' 48"
1,0	56'	1,0	57'	1,0	59'	1,0	62'
0,9	56' 12"	0,9	57' 12"	0,9	59' 12"	0,9	62' 12"
0,8	56' 24"	0,8	57' 24"	0,8	59' 24"	0,8	62' 24"
0,7	56' 36"	0,7	57' 36"	0,7	59' 36"	0,7	62' 36"
0,6	56' 48"	0,6	57' 48"	0,6	59' 48"	0,6	62' 48"
0,5	57'	0,5	58'	0,5	60'	0,5	63'
0,4	57' 12"	0,4	58' 12"	0,4	60' 12"	0,4	63' 12"
0,3	57' 24"	0,3	58' 24"	0,3	60' 24"	0,3	63' 24"
0,2	57' 36"	0,2	58' 36"	0,2	60' 36"	0,2	63' 36"
0,1	57' 48"	0,1	58' 48"	0,1	60' 48"	0,1	63' 48"
0,0	58'	0,0	59'	0,0	61'	0,0	64'

OBS.: VALORES EM MINUTOS E SEGUNDOS